

Der Alternsgang des Kreislaufes des Mannes

Ursula Iris Hildebrandt

1964

Aus der Universitätsfrauenklinik

Frankfurt am Main

Direktor: Professor Dr. med. Käser

DER ALTERN SGANG
DES KREISLAUFES DES MANNES

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

der gesamten Medizin

der hohen medizinischen Fakultät
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
zu Frankfurt am Main

vorgelegt von

Ursula Iris Hildebrandt, geb.

Ehrhardt

aus Darmstadt

Frankfurt am Main 1964

Dekan: Professor Dr. med. J. Frey

Referent: Privatdozent Dr. med. H. Brehm

Korreferent: Professor Dr. med. K. Wezler

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Juli 1964



Meiner Mutter in Dankbarkeit gewidmet.



Inhaltsübersicht:

1. Einleitung	S.	4
2. Literaturübersicht	S.	6
3. Methode	S.	7
4. Versuchspersonen und Versuchsbedingungen	S.	10
5. Ergebnisse und Diskussion der Ergebnisse	S.	12
Tab. 3	S.	42-49
Tab. 4	S.	61-64
Tab. 5	S.	65
6. Zusammenfassung	S.	66
7. Literaturverzeichnis	S.	67
8. Lebenslauf	S.	69

1. Einleitung:

"Cor animalum fundamentum est vitae princeps omnium, Microsomi Sol, a quo omnis vegetatio dependet, vigor omnis et robur emanat." (10). Das sind Worte William Harveys, des großen englischen Arztes, die er vor rund 300 Jahren in der Widmung seiner Exercitatio anatomica an König Charles I. geschrieben hat. "Das lebendige Herz" ist für Harvey "die allererste Grundlage des Lebens, die Sonne des Mikrokosmos, von der alle belebende Bewegung abhängt, aus der alle Kraft und Stärke ausströmt." (10). Auch heute sind diese Worte noch unverändert gültig, obgleich wir die Bedeutung des Herzens und des Kreislaufes, der ja so eng mit ihm verbunden ist, in unserer Zeit kaum mehr so poetisch beschreiben könnten.

In der 1628 auf der Frankfurter Büchermesse erschienenen Schrift Harveys "De motu cordis et sanguinis" stellt er fest, "daß Herzschlag und -kontraktion sowie der Arterienpuls einander entsprechen", (13) "daß das Herz in einer halben Stunde das Vielfache der Gesamtblutmenge in die Arterien pumpt", (13) und "daß die Venen nach Unterdrücken des Arterienpulses durch Abbinden anschwellen und sich erst nach Rückkehr des Pulses mit dem Lösen der Binde wieder füllen." (13) Harvey bestätigt auch in seiner Schrift die schon früher aufgestellte These, daß "die Venenklappen einen herzwärts gerichteten Blutstrom bedingen." (13).

Daraus entwickelt sich dann die Lehre von dem Blutkreislauf, nachdem weiterhin im 17. Jahrhundert Harveys Lehre durch die Sichtbarmachung des Kapillarnetzes im Mikroskop bestätigt wurde.

In der Folgezeit hat dann die Physiologie die Kreislaufforschung sehr weitgehend beeinflusst und vorangetrieben. Es seien nur ein paar Namen genannt: E.H. Weber, der die Windkesselfunktion der großen Arterien 1827 beschrieben hat und O. Frank mit seinen grundlegenden Arbeiten über die Herzdynamik. Durch O. Frank (9), Wezler und Böger (33,34) bzw. Brömser und Ranke (5) ist es zur Entwicklung der physikalischen Kreislaufanalyse gekommen.

Die uns gestellte Aufgabe war nun:

Mit Hilfe der physikalischen Kreislaufanalyse nach Wezler und Böger neben den von Wezler (34,36) bereits an Männern aller Altersklassen erhobenen Kreislaufbefunden noch weitere Vergleichswerte für den Altersgang des Kreislaufes des Mannes zu bestimmen.

Im wesentlichen werden dann Wezlers Kreislaufwerte für Männer (34,36) neben unseren eigenen Werten für Männer, Brehms Kreislaufwerten für Frauen (3) gegenübergestellt, um Unterschiede im Minutenvolumen-Alternsgang zwischen Mann und Frau aufzudecken.

Weiterhin haben wir noch, um nicht nur Ruhewerte zu registrieren, die Wirkung von Peripherin-Homburg auf den Kreislauf des Mannes geprüft. Damit können wir auch "Belastungswerte" zur Untersuchung mit heranziehen.

2. Literaturübersicht:

Zur Entwicklung der physikalischen Kreislaufanalyse ist es durch Frank (9) und seine Schule gekommen. Brömser und Ranke einerseits (5) und Wezler und Böger (33,34) andererseits haben auf verschiedenen Wegen die entsprechenden mathematischen Formeln aufgestellt. Die Exaktheit der Formeln der letzteren hat Sinn (30, 31) überprüft und bestätigt. Kritische Betrachtungen der physikalischen Kreislaufanalyse bezüglich ihrer Vorteile gegenüber anderen Kreislaufuntersuchungsmethoden haben Wezler (35), Schmid und Reubi (29), Enger (8), Reichel (26) u.a. durchgeführt.

Unsere Ergebnisse haben wir mit Wezlers Kreislaufwerten für Männer verschiedener Altersstufen (34,36) und mit Knebels Altersnormwerten für Männer verglichen. Gleichzeitig haben wir den Alternsgang des Kreislaufes des Mannes mit dem der Frau verglichen anhand von Brehms Kreislaufwerten für Frauen verschiedener Alterstufen (3). Zum Vergleich haben wir weiterhin auch Kreislaufwerte, die mittels anderer Untersuchungsmethoden ebenfalls an Männern verschiedener Altersstufen gewonnen worden sind, herangezogen, so z.B. ballistocardiographisch bestimmte Kreislaufwerte (16,11) oder Sauerstoffpulsbestimmungen unter Belastung (7,23). In einer kurzen Zusammenfassung haben wir dann den Alternsgang des Kreislaufes des Mannes beschrieben (6,12,20,25).

Die Veränderungen unserer Kreislaufwerte nach der Injektion von Peripherin-Homburg haben wir mit den Angaben in der Literatur verglichen (1,13,17). An entsprechender Stelle werden wir jeweils genauer auf die hier summarisch angeführten Literaturstellen eingehen.

3. Methode:

Für unsere Kreislaufuntersuchungen haben wir die indirekte Methode der physikalischen Kreislaufanalyse, und zwar nach Wezler und Böger, gewählt. (33,34).

Der indirekten Methode der physikalischen Kreislaufanalyse steht die direkte Methode der gasanalytischen Kreislaufanalyse gegenüber. Ihr Prinzip "beruht im wesentlichen auf der bereits von Fick gefundenen Beziehung, daß die Sauerstoffaufnahme in den Lungen in einem festen Verhältnis zu dem Sauerstoffgehalt des Blutes im rechten und linken Herzen (der sogenannten arteriovenösen Differenz) steht." (8). Bei den gasanalytischen Kreislaufanalysen ist eine aktive Mitarbeit der Versuchsperson notwendig, schon dadurch allein wird der Kreislauf beeinflusst. Hinzu kommt nun noch die psychische Einwirkung auf den Kreislauf bei Einführung eines Herzkatheters zur Bestimmung der arteriovenösen Sauerstoffdifferenz im rechten Herzen. (26). Das kann der Grund dafür sein, daß "die Herzminutenvolumina nach dem Wezler-Böger-Pulswellenverfahren wesentlich kleiner als diejenigen nach dem direkten Fick-Prinzip ausfallen" (29) bzw. daß die Fick-Werte zu hoch sind. (35). Die gasanalytischen Kreislaufanalysen sind auch umständlicher und zeitraubender als die physikalischen und in der Klinik bei Schwerkranken nicht anwendbar. (8).

Schließlich hat auch die Methode der Ballistokardiographie zur Kreislaufuntersuchung eine gewisse Bedeutung. Es handelt sich aber "beim Ballistogramm um einen Kurvenzug, dessen Charakteristika objektiven Kreislaufgrößen zuzuordnen, bisher noch nicht gelungen ist." (27,14).

Wir haben unsere Kurven (Carotispuls und Femoralispuls) mit Hilfe des optischen Transmissionssphygmographen nach O. Frank (9) aufgezeichnet. Dabei werden die durch die Pulswelle bedingten Bewegungen der Gefäßwand und der darüberliegenden Haut über ein luftdichtes Lufttransmissionssystem auf eine spiegeltragende Kapsel übertragen. Ein auf den Spiegel treffender und von da reflektierter Strahl zeichnet dann die Pulskurve auf den Film auf, entsprechend den Bewegungen des Spiegels.

Am Film (siehe Abb. 1) läßt sich die Filmgeschwindigkeit in mm/sec

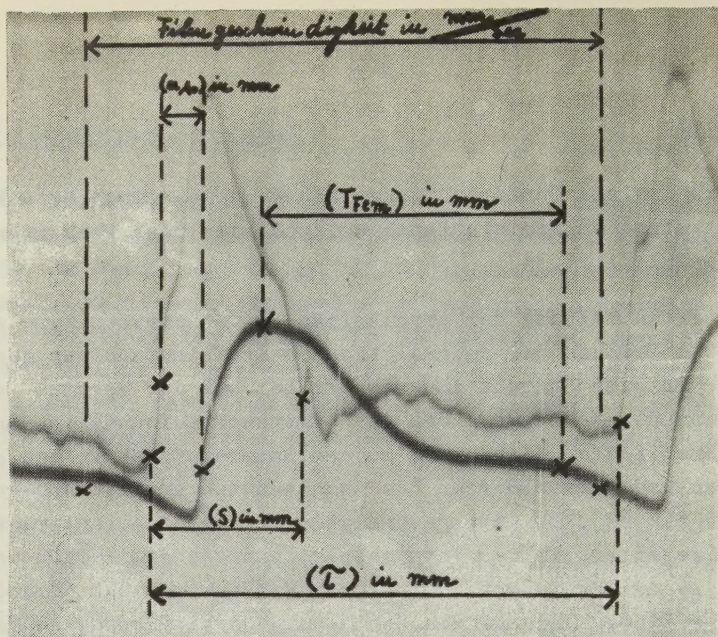


Abb. 1

abmessen, und zwar unterbricht ein Zeiger die Pulscurve viermal in der Sekunde; also gibt der Abstand von der ersten bis zur fünften Unterbrechung die Fibrationsgeschwindigkeit in mm/sec an. An der Pulscurve werden ausgemessen: die Verspätungszeit des Femoralis-pulses gegenüber dem Carotispuls (a_{Ao}) in mm, die Dauer der mechanischen Systole (S) in mm, die Pulsdauer (T) in mm und die Eigenschwingungszeit des Windkessels (T_{Fem}) in mm. Weiterhin ist noch die Messung des Blutdrucks notwendig. Der Aortenquerschnitt Q_{Ao} und die sogenannte reduzierte Aortenlänge werden ebenfalls noch für die Berechnung benötigt. Den Blutdruck haben wir auskultatorisch nach Korotkoff gemessen. Brehm hat oscillometrische und sphygmographische Vergleichsmessungen durchgeführt und gefunden, daß die auskultatorischen Meßergebnisse im gleichen Bereich liegen. (4). Die altersabhängigen Aortenquerschnitte basieren auf den Angaben von F. Suter, sind jedoch nach Wezler für die Verhältnisse beim Lebenden korrigiert. (32). Zur Bestimmung der reduzierten Aortenlänge mißt man mit einem Zentimetermaßband einmal die Strecke von der Incisura sterni bis zur Auflagestelle der Registrierkapsel über der Arteria carotis = "Carotislänge" und weiterhin die Strecke von der Incisura sterni über den Nabel bis zur Auflagestelle über

der Arteria femoralis = "Aortenlänge". Subtrahiert man nun die "Carotislänge" von der "Aortenlänge", so erhält man die sogenannte "reduzierte Aortenlänge", die in etwa dem Wegunterschied des Femoralispulses gegenüber dem Carotispuls entspricht.

Aus diesen bekannten Größen lassen sich - größtenteils mit Hilfe der Wezler-Böger-Formeln - folgende Kreislaufgrößen berechnen: die Pulswellengeschwindigkeit in der Aorta a_{Ao} in m/sec, die Dauer der mechanischen Systole S in σ ($= 1/1000$ sec), die Dauer der Diastole D in σ , die Pulsperiode τ in σ , die Eigenschwingungszeit des Windkessels T_{Fem} in σ , die Frequenz Fr in Anzahl der Pulsschläge pro Minute, die Blutdruckamplitude Δp in mm Hg, der arterielle Mitteldruck p_m in mm Hg, das Schlagvolumen V_s in cm^3 , das Minutenvolumen V_m in L/min, der elastische Widerstand oder Elastizitätskoeffizient E' in dyn/cm^5 , der periphere Widerstand W in $dyn \cdot sec/cm^5$, der Dämpfungsfaktor des arteriellen Systems E'/W und schließlich noch die Leistung des linken Ventrikels L in erg/sec. Aus Vergleichsgründen haben wir auch immer noch das Schlag- und Minutenvolumen nach Brömser und Ranke bestimmt.

4. Versuchspersonen und Versuchsbedingungen:

Wir haben unsere Kreislaufuntersuchungen an 100 Männern im Alter von 16 bis 84 Jahren durchgeführt. Es handelt sich dabei um herzkreislaufgesunde Patienten, die die medizinische Poliklinik zu allermeist aus einem Bagatellgrund aufgesucht hatten. 7 unserer Versuchspersonen befanden sich in stationärer Behandlung wegen eines Prostataleidens, sie sind aber ebenfalls herzkreislaufgesund und nicht bettlägerig krank gewesen.

Vor dem Versuch haben unsere Versuchspersonen ca. eine halbe Stunde im Wartezimmer gesessen und dann nochmals nach dem kurzen Gang in das Untersuchungszimmer etwa eine Viertelstunde auf dem Untersuchungstisch geruht. Die Versuche sind zwar nicht unter Grundumsatzbedingungen jedoch unter vergleichbaren Bedingungen durchgeführt worden, und zwar immer in den Nachmittagsstunden zwischen 14 und 17 Uhr bei gleichbleibender Raumtemperatur von etwa 22° bis 23° C.

An jeder Versuchsperson haben wir 4 Kreislaufanalysen nach Wezler und Böger vorgenommen, 2 Analysen vor der Injektion von Peripherin und 2 danach (siehe Tab. 1). Zwischen den Kreislaufanalysen sind gleichzeitig 2 Blutmengebestimmungen mit Evansblau und 2 Kreislaufzeitbestimmungen mit Äther-Decholin durchgeführt worden, und zwar je eine Blutmenge- und eine Kreislaufzeitbestimmung vor bzw. nach der Peripherininjektion. (Die Ergebnisse dieser Messungen sind in einer weiteren Dissertation zusammengefaßt(22).) Bei 20 Versuchspersonen haben wir zusätzlich vor der Peripherininjektion noch eine dritte Kreislaufregistrierung durchgeführt, um zu sehen, inwieweit sich der Kreislauf noch weiter beruhigt. Es zeigte sich dabei, daß die dritte Registrierung mit den beiden ersten Ruheregistrierungen weitgehend übereinstimmt. An Hand des Protokolls zu einem der Versuche wird die Versuchsanordnung wohl am deutlichsten (siehe Tab. 1). Eine weitere Tabelle gibt Auskunft über die Anzahl der Versuchspersonen in den einzelnen Altersgruppen (siehe Tab. 2).

Die Peripherininjektion haben wir intravenös durch die bereits in der Armvene liegende Kanüle vorgenommen. Im Mittel wurden $0,35 \text{ cm}^3$ Peripherin zugeführt. Bei 29 Versuchspersonen haben wir dagegen 1 cm^3 Peripherin intramuskulär in den Musculus glutaeus maximus injiziert.

Nr. der Krs1.registr.	Zeit	R.R.	Bemerkungen
1.Krs1.reg.	15 ⁰⁴	150/70	
	15 ⁰⁸		Stich (1. Blutmengebestimmung, Kanüle bleibt in der Armvene liegen).
	15 ¹⁷		1. Kreislaufzeitbestimmung mit Äther-Decholin durch die bereits liegende Kanüle: Ätherzeit: 6,6 sec; Decholinzeit: 14,4 sec.
2.Krs1.reg.	15 ¹⁹	148/72	
	15 ²¹		Intravenöse Injektion von 0,5 cm ³ Peripherin durch die bereits liegende Kanüle.
3.Krs1.reg.	15 ²⁴	174/68	2. Blutmengebestimmung zur gleichen Zeit durch die bereits liegende Kanüle.
	15 ³³		2. Kreislaufzeitbestimmung mit Äther-Decholin durch die bereits liegende Kanüle: Ätherzeit: 6,4 sec; Decholinzeit: 14 sec.
4.Krs1.reg.	15 ³⁶	158/68	
			Die Kanüle ist erst nach dieser 4. Kreislaufregistrierung entfernt worden.

Tab.1

Altersgruppen	Anzahl der Versuchspersonen
15-20	4
21-25	12
26-30	8
31-35	9
36-40	7
41-45	7
46-50	8
51-55	7
56-60	12
61-65	9
66-70	6
71-75	8
76-80	2
81-85	2

Tab.2

5. Ergebnisse und Diskussion der Ergebnisse:

Es soll nun an Hand der einzelnen Kreislaufgrößen der Altersgang des Kreislaufes des Mannes geschildert und mit den in der Literatur vorhandenen Kreislaufwerten verglichen werden. Dabei wollen wir unsere Kreislaufwerte auch mit den in der Literatur für den Kreislauf der Frau vorhandenen Werten vergleichen.

Danach werden die Veränderungen des Kreislaufes des Mannes durch die intravenöse bzw. intramuskuläre Injektion von Peripherin beschrieben.

Die Pulswellengeschwindigkeit in der Aorta a_{Ao} in m/sec:

Wir haben von 18 bis 28 Jahre einen Abfall der Pulswellengeschwindigkeit von 6,8 m/sec auf 5,4 m/sec festgestellt und danach einen fast linearen Anstieg der Pulswellengeschwindigkeit auf 13,2 m/sec bei 83 Jahren. (Siehe Abb.2 und Tab.3).

Wezlers Werte (34), die an Männern gleichfalls mit Hilfe der physikalischen Kreislaufanalyse nach Wezler und Böger bestimmt worden sind, zeigen einen linearen Anstieg der Pulswellengeschwindigkeit schon vom 5. Lebensjahr an bis zum 60. Lebensjahr. Die Werte Wezlers liegen etwas über den unsrigen. (Siehe Abb.3 und Tab.3).

Knebel gibt in seinen ebenfalls mit der Wezler und Böger-Methode bestimmten Altersnormwerten, die allerdings gemischt von männlichen und weiblichen Versuchspersonen stammen, einen linearen Anstieg der Pulswellengeschwindigkeit von 15 bis 80 Jahre an. Knebels Altersnormwerte liegen über unseren Werten. (Siehe Abb.3 u. Tab.3).

Der gleichmäßige Anstieg der Pulswellengeschwindigkeit ist bedingt durch die mit dem Alter ständig zunehmende Sklerose der Aorta und durch den gleichfalls mit dem Alter steigenden Blutdruck.

Bezüglich eines Vergleiches unserer Kreislaufwerte mit den bei der Frau erhobenen Befunden (3) ergibt sich folgendes: Der Jüngste unserer Versuchspersonen ist 16 Jahre alt, so ist ein Vergleich in bezug auf die Pubertät nicht möglich; denn dazu müßten wir noch Versuchspersonen von 13, 14 und 15 Jahren mitheranziehen. (Siehe auch Abb. 3 und Tab. 3).

Unsere Werte liegen auch im ganzen niedriger als Brehmes Werte (3),

Erläuterungen zu den in den Abbildungen verwandten Zeichen:

Da sich unsere Arbeit besonders mit den Geschlechtsunterschieden der Kreislaufgrößen bei Mann und Frau auseinandersetzt, werden in den Abbildungen für die Kreislaufgrößen von Männern bzw. Frauen die Zeichen von Mars ♂ bzw. Venus ♀ verwendet.

Handelt sich es jedoch um gemischte Kreislaufgrößen von Männern und Frauen, so werden beide Zeichen kombiniert angewendet: ♂♀.

Im einzelnen verwenden wir folgende Zeichen:

Zeichenerklärung für Abbildung 2 bis Abbildung 25:

- ✕---✕ bzw. --- = eigene Werte für Männer.
- ♂♂♂♂♂♂♂ = Wezlers Werte für Männer.
- ♂♂♂♂♂♂♂♂ = Nebels Werte für Männer.
- ♀♀♀♀♀♀♀♀♀ = Knebels Werte für Männer und Frauen.
- ♀---♀ = Brehms Werte für menstr. bzw. in der Menopause befindl. Frauen.
- ♀↓↓↓↓↓♀ = Brehms Werte für klimakterische Frauen.
- ♀---♀ = Brehms Werte für vor dem Klimakterium kastrierte Frauen
- ♀---♀ = Brehms Werte für nach dem Klimakterium kastrierte Frauen.
- = Werte für die elektrische Systole (betr. lediglich Abb. 6).

Zeichenerklärung für Abbildung 27 bis Abbildung 38:

- ✕-----✕ = Ruhewerte, s. Tab. 3.
- = Werte nach intravenöser Inj. von Peripherin, s. Tab. 4.
- ✕-----✕ = Werte nach intramuskulärer Inj. von Peripherin, s. Tab. 4.

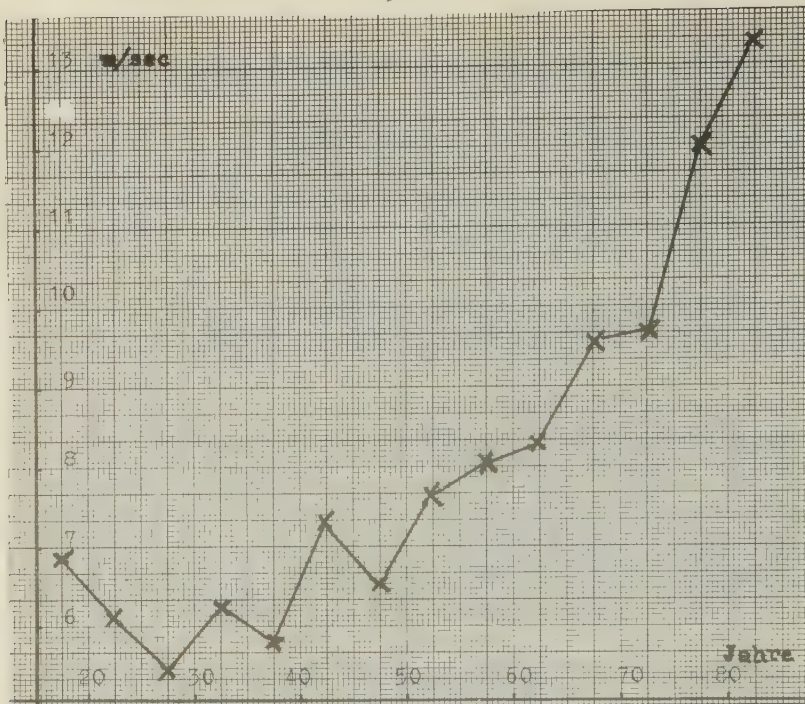


Abb. 2 Mittelwerte der Pulswellengeschwindigkeit in der Aorta sac.

Brehms Werte für menstr. bzw. in der Menopause befindl. Frauen.
Brehms Werte für klimakt. Frauen.
Brehms Werte für vor dem Klimakt. kastr. Frauen.
Brehms Werte für nach dem Klimakt. kastr. Frauen.

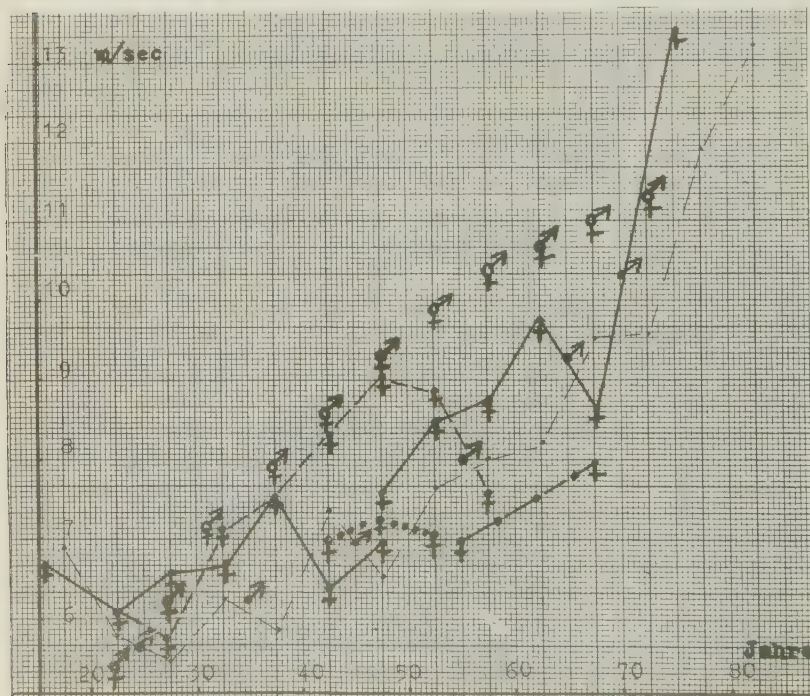


Abb. 3 Vergleichswerte zu Abb. 2.

Zeichenerklärung für Abb. 2 bis Abb. 25:

- x bzw. = eigene Werte für Männer.
- o-o-o = Weizlers Werte für Männer.
- o-o-o = Kneibels Werte für Männer.
- o-o-o = Kneibels Werte für Männer und Frauen.
- o-o-o = (betr. lediglich Abb. 6 : Werte für die elektr. Systole).

die er ebenfalls mit Hilfe der Wezler und Böger-Methode bestimmt hat (und zwar handelt es sich dabei um menstruierende Frauen, um Frauen im Klimakterium, in der Menopause und schließlich um vor bzw. nach dem Klimakterium kastrierte Frauen). Deshalb wird auch beim Vergleich mit unseren Werten die Rechtsverschiebung des Alternsganges der Pulswellengeschwindigkeit bei der Frau bedingt durch das Klimakterium (3) nicht so deutlich wie beim Vergleich mit Wezlers Werten von Männern. (34). Diese Rechtsverschiebung des Alternsganges der Pulswellengeschwindigkeit nach dem Klimakterium kommt bei der Frau durch die Änderung des Follikelhormonspiegels im Klimakterium zustande. Es ändert sich dabei die Einstellung des vegetativen Tonus von einer mehr sympathikotonen in eine mehr vagotone Lage. Das führt nun wiederum unter anderem zu einer Erhöhung des Tonus der Gefäßmuscularis und damit zu einer Dehnbarkeitszunahme des Windkessels und zu einer Abnahme der Pulswellengeschwindigkeit unter den linearen Alternsgang bei der Frau im Klimakterium. (3).

Nun liegen aber, obgleich unsere Werte im ganzen niedriger sind, die Pulswellengeschwindigkeiten der klimakterischen Frauen (3) unter unseren Pulswellengeschwindigkeiten von Männern der entsprechenden Altersgruppen. So haben wir z.B. bei der Altersgruppe 51 bis 54 Jahre bei Männern eine Pulswellengeschwindigkeit von 7,61 m/sec gefunden, bei klimakterischen Frauen beträgt sie 7,07 m/sec in der gleichen Altersgruppe. (3). Das bestätigt die Angaben, daß der Alternsgang der Pulswellengeschwindigkeit des Mannes einen linearen Verlauf nimmt, die Pulswellengeschwindigkeit bei der Frau jedoch im Klimakterium unter dem linearen Alternsgang liegt. (3)

Die Schwingungsdauer des Windkessels T_{Fem} in 6:

Die Schwingungsdauer des Windkessels steigt nach unseren Ergebnissen von 395 σ bei 18 Jahren auf 402 σ bei 28 Jahren an. Danach fällt sie unregelmäßig ab 316 σ bei 83 Jahren. (Siehe Ab.4 u. Tab.3).

Die Abnahme der Schwingungsdauer ist durch die Abnahme der Wanddehnbarkeit der Aorta infolge zunehmender Sklerose bedingt.

Brehm (3) findet bei Frauen ebenfalls einen Anstieg der Schwingungsdauer des Windkessels, jedoch nur bis 22 Jahre, was auch unserem Hauptanstieg entspricht, danach einen stetigen Abfall. Geschlechtsunterschiede bestehen bei der Schwingungsdauer des Windkessels insofern als diese bei der Frau im Laufe des Lebens weniger abnimmt als

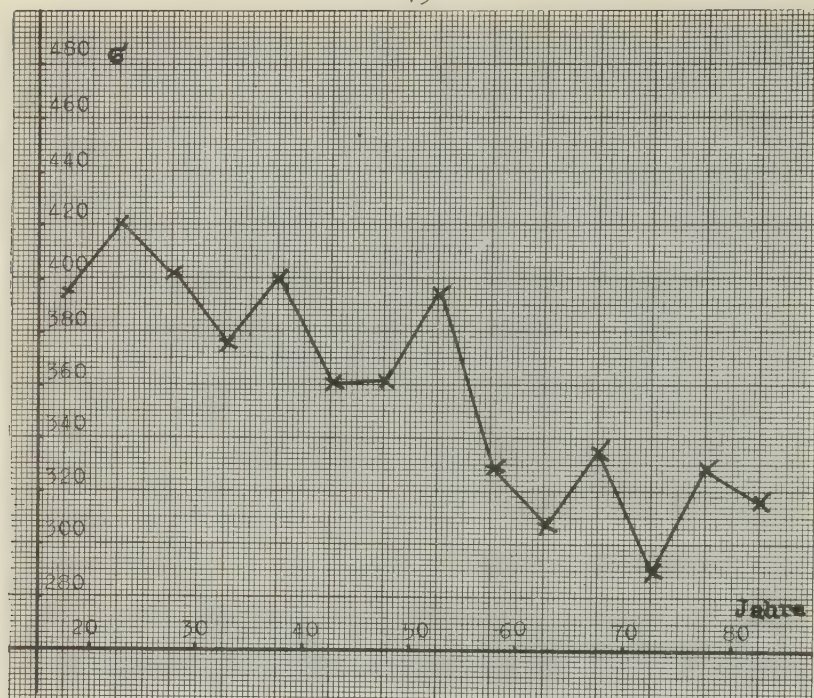


Abb. 4 Mittelwerte der Schwingungsdauer des Windkessels T_{Fem} in s.

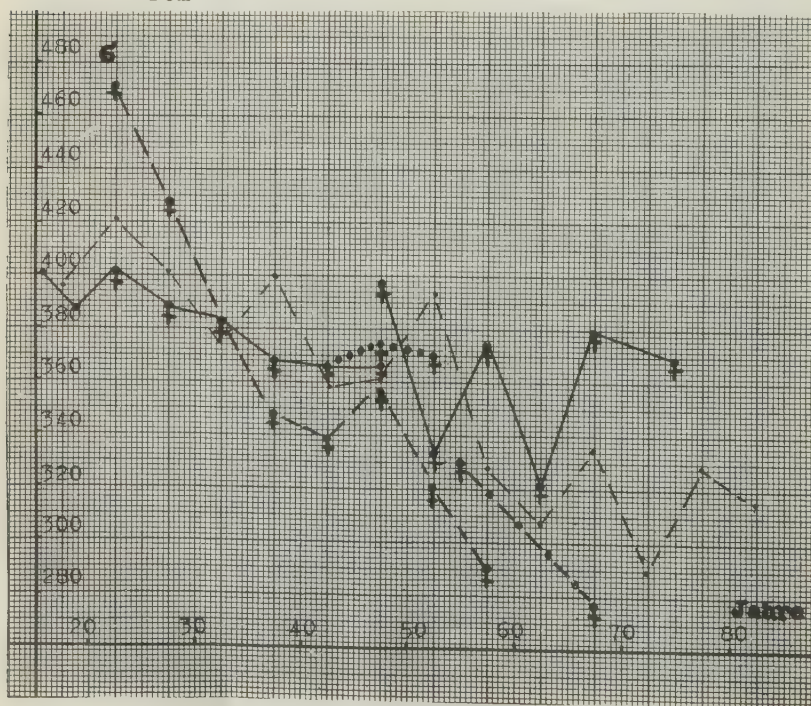


Abb. 5 Vergleichswerte zu Abb. 4

beim Mann. (3). Der Windkessel ist beim Mann in der Jugend elastischer als bei der Frau, während es im Alter umgekehrt ist. So liegt beim Mann die Schwingungsdauer des Windkessels bei 28 Jahren um 20 % höher als bei 83 Jahren. Der gleiche Prozentsatz beträgt für die Frau, und zwar für die menstruierende bzw. in der Menopause befindliche Frau nur 10 %. (3). Dagegen liegt der Prozentsatz für kastrierte Frauen sogar höher als der für Männer, er beträgt 42,2 %, d.h. also daß die Alterskurve der Schwingungsdauer des Windkessels von kastrierten Frauen der von Männern ähnelt. (Siehe Abb.5 und Tab.3).

Die Dauer der mechanischen Systole S, der Diastole D und der Pulsperiode τ in %:

An Hand von unseren Werten wird ein geringer Alternsabfall von Diastolen- und Pulsperiodendauer deutlich, der im hohen Alter noch deutlicher wird. Die Systolendauer verläuft dagegen während des Lebens recht konstant. (Siehe Abb.6 und Tab.3).

Wezler (36) gibt eine Verkürzung der Austreibungsphase der Systole, die ja unserer gemessenen mechanischen Systole entspricht, als ein erstes Anzeichen einer beginnenden Hypodynamie des Herzens bzw. einer beginnenden Herzinsuffizienz an. Und zwar kann diese Verkürzung der mechanischen Systole noch lange vor einer Verminderung des Schlagvolumens auftreten, denn dieses wird ja bereits in den beiden ersten Dritteln der Austreibungsphase entleert, wie aus der Volumenkurve hervorgeht. (36).

Diese Verkürzung der mechanischen Systole kommt nach Wezler (36) dadurch zustande, daß mit zunehmendem Alter die Beschleunigungsarbeit des Herzens immer größer wird durch die Sklerosierung der Aorta und die damit zusammenhängende arterielle Druckerhöhung. Das heißt aber, mit zunehmendem Alter rückt durch diese erhöhte Beschleunigungsarbeit des Herzens die höchste Spannungsentwicklung des Herzens immer mehr gegen das Ende der Systole, was schließlich zu einer Verkürzung der Austreibungsphase führen muß. (36).

Erst viel später kommt es dann zur eigentlichen Herzinsuffizienz, die nach Wezler (36) in einer "unvollständigen Entleerung des Herzens während der Systole" bzw. in der "Erhöhung des Verhältnisses von Restvolumen V_r zu Schlagvolumen V_s des Ventrikels" besteht.

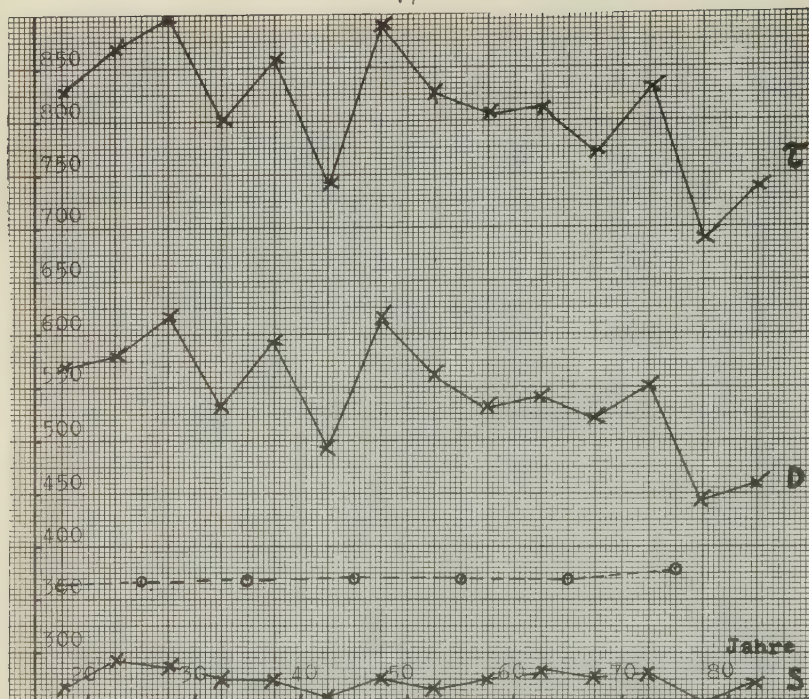


Abb. 6 Mittelwerte der Dauer der mechan. Systole S, der Distole D und der Pulsperiode $\tilde{T}$ in s.

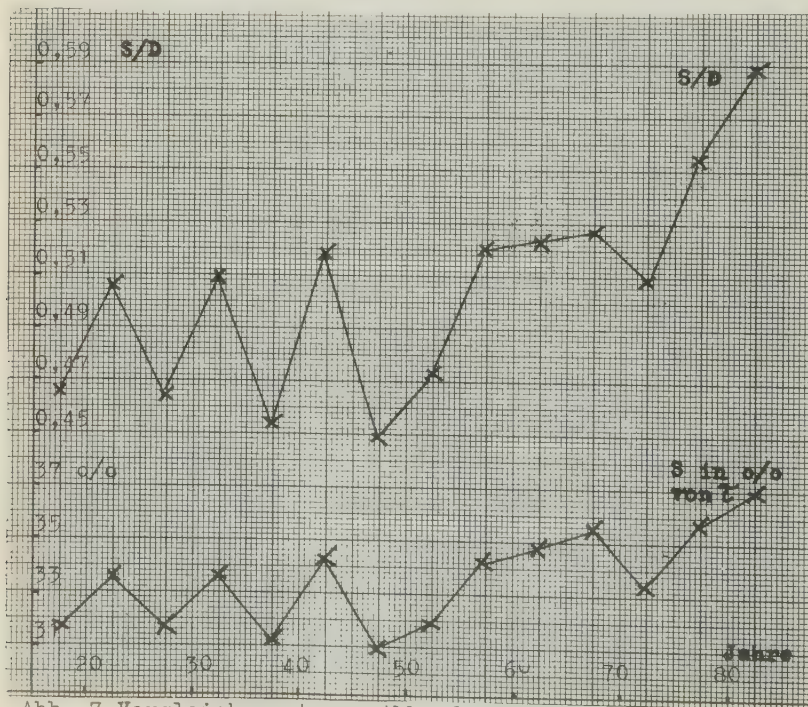


Abb. 7 Vergleichswerte zu Abb. 6.

Gibt man die Systole in % der Pulsperiode an, bzw. bildet man den Quotienten von Systole und Diastole S/D, so zeigt sich an unseren Werten deutlich in den höheren Altersklassen eine rasch zunehmende Verkürzung der Erholungsphase (D) des Herzens. Diese Verkürzung der Erholungsphase des Herzens kommt durch die mit dem Alter ständig zunehmende elektrische Systole = Anspannungszeit + Austreibungszeit zustande. (37). Zieht man von den in der Literatur angegebenen Alterswerten für die elektrische Systole (38) unsere Werte für die Austreibungszeit ab, so ergibt sich, daß die Anspannungszeit auf Kosten der Erholungsphase des Herzens mit dem Alter ständig zunimmt, während die Austreibungsphase bei unseren Werten in etwa gleich bleibt. (Siehe Abb. 7 und Tab. 3).

Die Pulsfrequenz Fr:

Unsere Frequenzwerte zeigen einen deutlichen Anstieg mit dem Alter von 70 Schlägen pro Minute bei 28 Jahren auf 85 Pulsschläge pro Minute bei etwa 83 Jahren. (Siehe Ab. 8 und Tab. 3).

Wezler (36) schreibt dazu, daß mit einer Abnahme des Schlagvolumens im Alter, die wir auch gefunden habe, die Frequenz zunehmen müsse, wenn das Minutenvolumen gleich bleiben soll. Es räumt aber ein, daß diese Abnahme des Schlagvolumens im hohen Alter noch nicht sicher erwiesen ist, bzw. daß womöglich auch das Minutenvolumen parallel des verminderten Energieumsatzes im hohen Alter reduziert ist.

Weiterhin sagt Wezler (36) dazu, daß durch eine "anfangsdiastolische Überhöhung des elastischen Widerstandes des Windkessels" und durch eine "enddiastolisch zu starke Erniedrigung des peripheren Widerstandes" (bedingt durch unzureichende elastische Retraktion der peripheren Gefäße entsprechend der Verminderung des diastolischen Druckes) der Windkessel sich im Alter zu schnell entleert. Wenn man der notwendige diastolische Druck erhalten bleiben soll, der ja allein "die periphere Durchblutungsgröße" garantiert, dann muß die Schlagfrequenz des Herzens mit dem Alter ansteigen.

Knebels Altersnormwerte der Frequenz für Männer und Frauen zeigen ebenfalls einen Anstieg mit dem Alter. (Siehe Abb. 9 und Tab. 3).

Nun soll aber nach Christensen (7) die maximal mögliche Pulsfrequenz bei entsprechender Belastung im Alter erniedrigt sein gegenüber jüngeren Jahren. Denn wie Christensen gefunden hat, ist im Alter

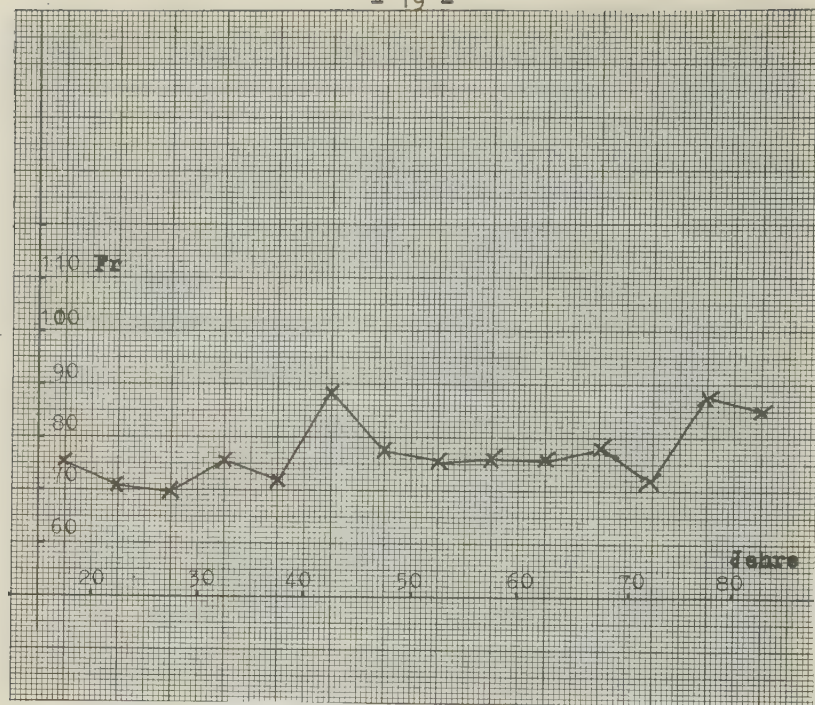


Abb. 8 Mittelwerte der Pulsschläge pro Minute.

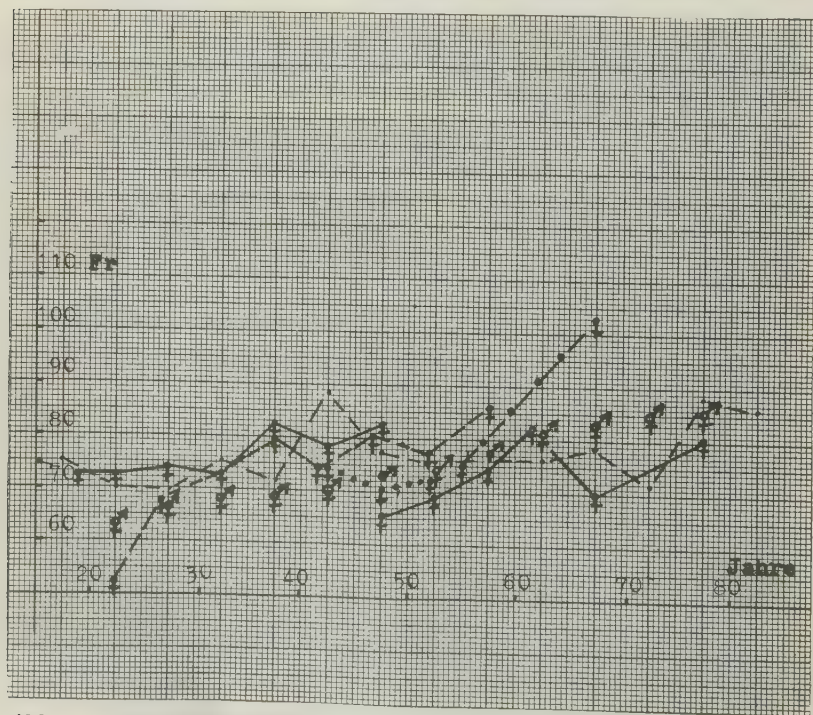


Abb. 9 Vergleichswerte zu Abb. 8

die maximale O_2 -Aufnahme in cm^3 pro Minute und kg Körpergewicht unter Belastung niedriger als in jüngeren Jahren; und das geht nach seiner Ansicht allein auf Kosten der Frequenz.

Brehm (3) und Christensen (7) haben keine Geschlechtsunterschiede bezüglich der Pulsfrequenz angegeben. (Siehe Abb.9 und Tab.3).

Die Blutdruckamplitude Δp :

Unsere Werte für die Blutdruckamplitude zeigen von 18 bis etwa 28 Jahre einen zunächst steileren, dann langsameren Abfall von 67 mm Hg bei 18 Jahren auf 51 mm Hg bei 28 Jahren. Danach verläuft die Blutdruckamplitude konstant und steigt bei etwa 53 Jahren ziemlich steil an auf 89 mm bei 83 Jahren. (Siehe Abb. 10 und Tab.3).

Nach Wezler (39) vergrößert sich in der Pubertät die Blutdruckamplitude ganz beträchtlich. Damit im Zusammenhang steht die ebenfalls von Wezler (39) nachgewiesene V_S -Erhöhung in der Pubertät. Unser Maximum für die Blutdruckamplitude der Altersgruppe 16 bis 20 Jahre ließe sich vielleicht damit erklären. Vielleicht ist in diesem Altersbereich Δp auch durch größere Aufregung erhöht gegenüber älteren Jahrgängen.

Der Anstieg der Blutdruckamplitude im höheren Alter müßte nach Wezler (36) viel steiler sein, wenn es an den zentralen Arterien keine Altersektasie und Längenzunahme gäbe, da $\Delta p = E' \cdot V_S$. Das Schlagvolumen V_S bleibt zwar in etwa konstant oder nimmt mit dem Alter eher noch ab, wie es unsere Werte angeben, aber der elastische Widerstand des Windkessels E' würde mit zunehmender Sklerosierung schließlich praktisch gleich unendlich werden, wenn die Altersektasie und Längenzunahme des Windkessels dies nicht etwas ausgleichen würde.

Knebels Altersnormwerte für die Blutdruckamplitude des Mannes sind etwas niedriger als unsere Werte, auch zeigen sie einen mehr linearen Anstieg von 18 bis 80 Jahre. (Siehe Abb.11 und Tab.3).

Ein Vergleich unserer Δp -Werte für Männer mit Brehms Δp -Werten für Frauen (3) zeigt deutlich eine größere Blutdruckamplitude bei der Frau nach dem Klimakterium. Das gilt ganz speziell für Frauen, die vor dem Klimakterium kastriert worden sind, hier fehlt der alternersverzögernde Einfluß des Klimakteriums.(3).

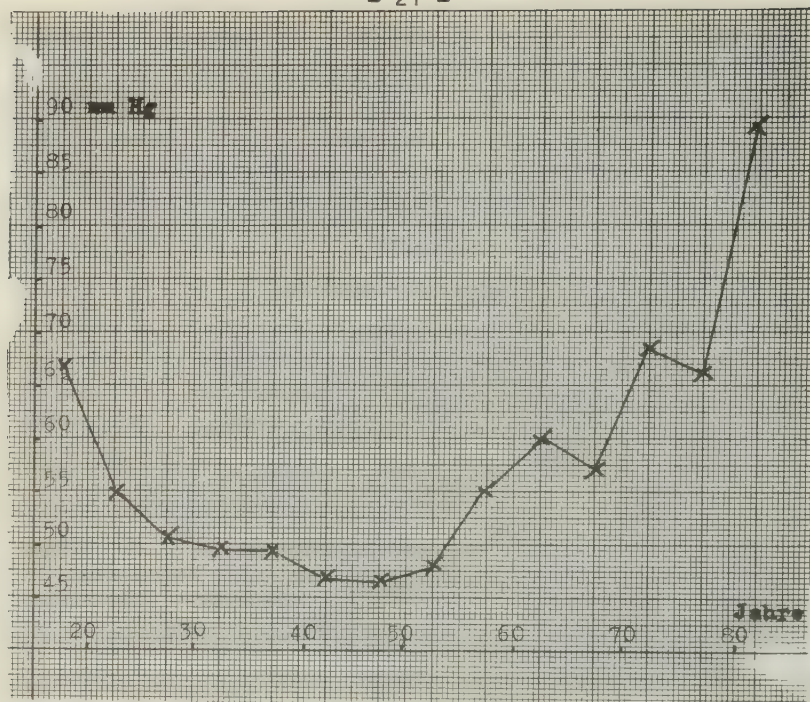


Abb. 10 Mittelwerte der Blutdruckamplitude Δp in mm Hg.

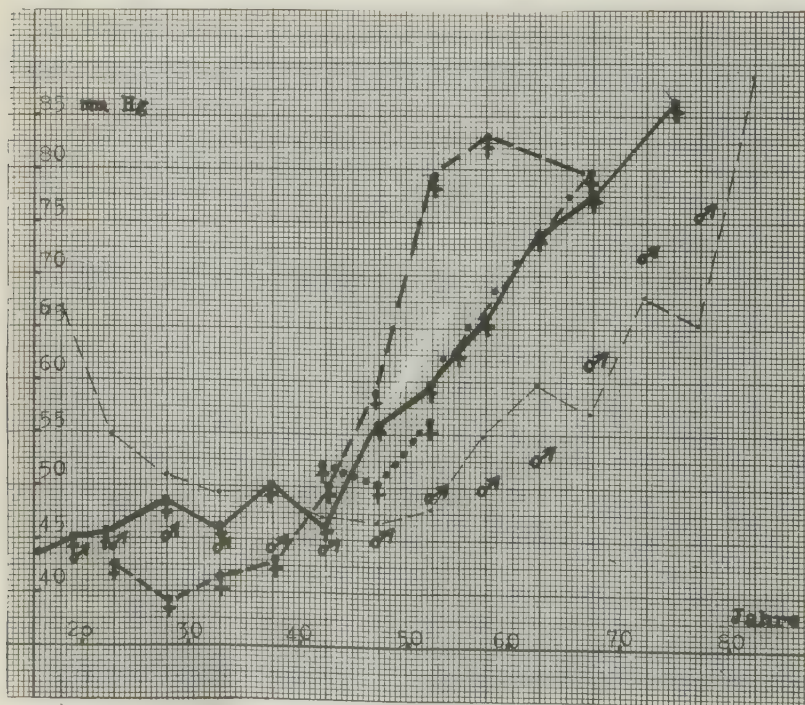


Abb. 11 Vergleichswerte zu Abb. 10.

Systolischer und diastolischer Blutdruck, P_s und P_d , und arterieller
Mitteldruck P_m :

Unsere Alterskurven des systolischen und diastolischen Blutdruckes und des arteriellen Mitteldruckes zeigen mit dem Alter einen stetigen, zunächst langsameren, dann steileren Anstieg. Am steilsten ist dieser Anstieg für den systolischen Druck; er steigt von 126 mm Hg bei 28 Jahren auf 180 mm Hg bei 83 Jahren an. (Siehe Abb.12 und Tab.3).

Wezler (36) gibt an, daß nach dem 20. Lebensjahr der Blutdruck stetig ansteigt, der systolische etwas stärker als der diastolische, sodaß ebenfalls die Blutdruckamplitude wächst. Die Steilheit des Anstieges, speziell des systolischen Druckes nimmt nach dem 50. Lebensjahr deutlich zu, die Blutdruckamplitude wächst entsprechend dann noch stärker an. Das gilt für Männer und stimmt mit unseren Alterskurven des arteriellen Druckes des Mannes überein. (Siehe Abb.13 und Tab.3).

Knebels Altersnormwerte für den systolischen und diastolischen Blutdruck des Mannes entsprechen unseren Werten weitgehend, lediglich in den jüngsten Altersklassen fanden wir, wie bereits besprochen, höhere Werte. (Siehe Abb.13 und Tab.3).

Nach Wezler (36) und Brehm (3) stimmt in der Zeit der Geschlechtsreife der Blutdruckanstieg bei der Frau und dem Mann in etwa überein. Der Anstieg des Blutdruckes wird durch den ursprünglichen Alternsgang, bedingt durch die fortschreitenden Gefäßwandveränderungen im Zentrum und in der Peripherie hervorgerufen. Bei der Frau beeinflussen die hormonellen Umstellungen zur Zeit des Klimakteriums zusätzlich diesen ursprünglichen Alternsgang des Blutdruckes, den wir beim Mann zeit lebens vorfinden, folgendermaßen:

Nach Brehm (3) durchläuft die normotone Frau "zwei Blutdruckgipfel während des Klimakteriums". Der erste Blutdruckgipfel liegt in der Zeit der abklingenden Geschlechtsreife und ist durch Minutenvolumensteigerung bedingt; der zweite Gipfel liegt in der Zeit der beginnenden Menopause und ist durch Widerstandserhöhung bedingt. Stellen wir unsere Blutdruckwerte von Männern den Werten Brehms von Frauen gegenüber, so finden wir für die Altersgruppe 46-50 Jahre einen Blutdruck von 132 zu 86 bei Männern und einen Blutdruck von 145 zu 89 bei Frauen (3), die noch nicht klimakterisch sind also noch

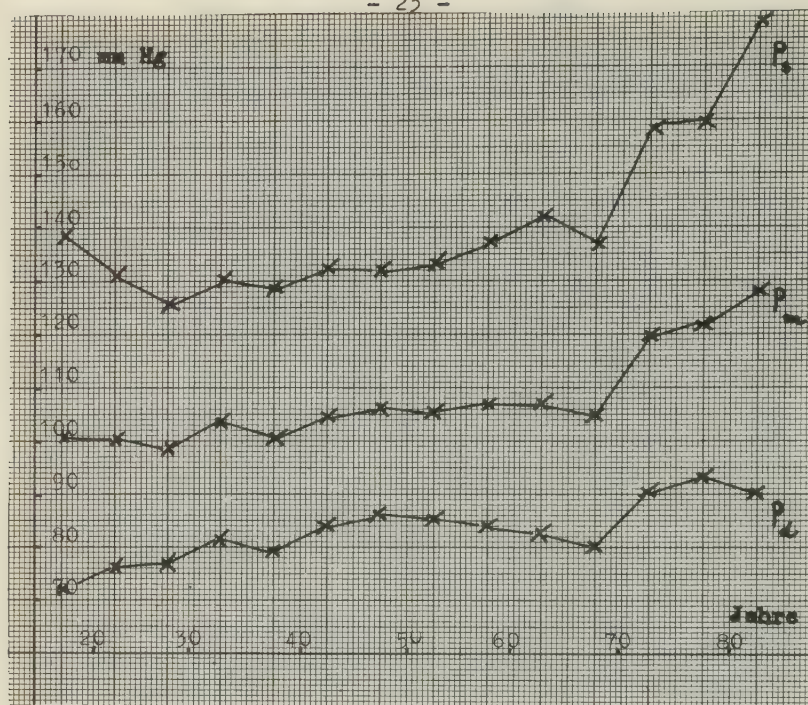


Abb. 12 Mittelwerte des systol. und diastol. Blutdruckes, P_s und P_d , und des arteriellen Mitteldruckes in mm Hg.

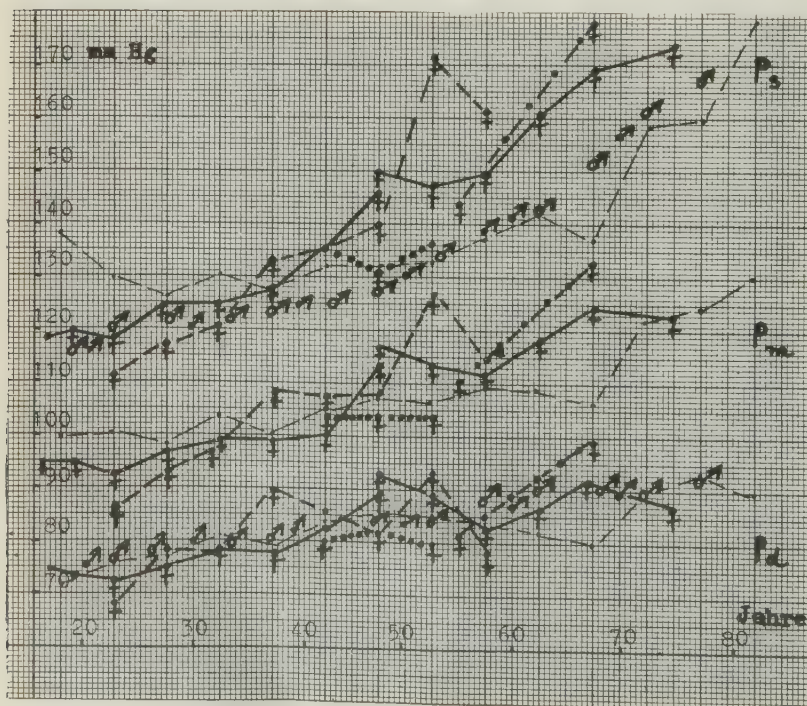


Abb. 13 Vergleichswerte zu Abb. 12.

menstruieren. Das entspricht also dem ersten Blutdruckgipfel bei der Frau zur Zeit der abklingenden Geschlechtsreife. Stellen wir nun ebenfalls aus der Altersgruppe 46-50 Jahre unsere Blutdruckwerte von Männern denen von Frauen, die sich bereits in der Menopause befinden, gegenüber, so finden wir bei Männern einen Blutdruck von 132 zu 86 und bei Frauen 149 zu 93. Das entspricht dem zweiten Blutdruckgipfel zur Zeit der beginnenden Menopause. Dazwischen liegt bei der Frau eine Blutdruckerniedrigung während der Klimax.

Brehm (3) erklärt den höheren Blutdruck der Frau nach dem Klimakterium, der sich sowohl im Vergleich mit Wezlers Werten von Männern wie auch mit unseren Werten ergibt, damit, daß durch das Schwinden des Follikelhormons im Klimakterium die Hypophyse zu vermehrter Tätigkeit stimuliert wird. Das Hypophysen-Zwischenhirnsystem bleibt nach dem Klimakterium auch weiterhin angeregt und kehrt nie mehr ganz zu seiner Ausgangslage zurück. Dagegen soll "die beim Mann viel später und langsamer erlöschende Hodenfunktion" keinen genügenden Reiz darstellen, um Hypophyse und Zwischenhirn zu vermehrter Tätigkeit anzuregen. (3). (Siehe Abb.13 und Tab.3).

Der elastische Widerstand des Windkessels E' in dyn/cm^5 :

Unsere Alterskurve des elastischen Widerstandes des Windkessels sinkt vom 18. bis 28. Lebensjahr ab von 2630 dyn/cm^5 auf 1605 dyn/cm^5 . Danach erfolgt zunächst ein allmählicher, schließlich ein steiler Anstieg auf 3200 dyn/cm^5 . (Siehe Abb. 14 und Tab.3).

Unsere E' -Alterskurve läuft der von Wezler (36) an Männern bestimmten parallel; er findet ebenso wie wir einen Abfall des elastischen Widerstandes bis etwa 20 Jahre, was auch unsrem Hauptabfall entspricht, und danach einen stetigen Anstieg. (Siehe Abb.15 und Tab.3).

Unsere Werte für den elastischen Widerstand des Windkessels liegen im ganzen niedriger als Anbels Altersnormwerte, die allerdings von Männern und Frauen stammen. Auch findet er einen linearen Anstieg des elastischen Widerstandes von 15 bis 80 Jahre. (Siehe Abb.15 und Tab.3).

Nach Wezler (36) geht mit der Abnahme der Wanddehnbarkeit des Windes eine Zunahme seiner Länge und Weite einher, sodaß im Bereich des

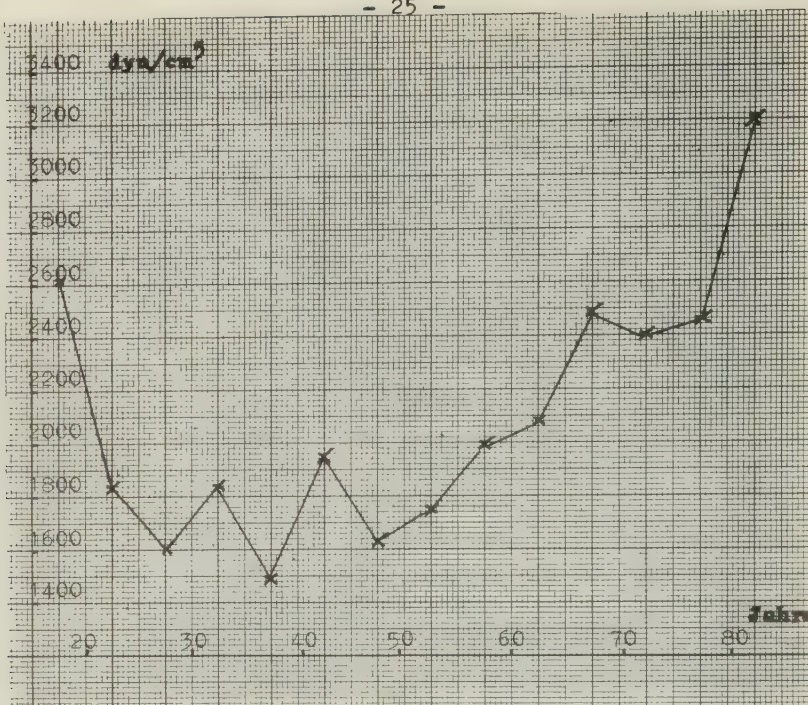


Abb. 14 Mittelwerte des elastischen Widerstandes des Windkessels E' in dyn/cm^2

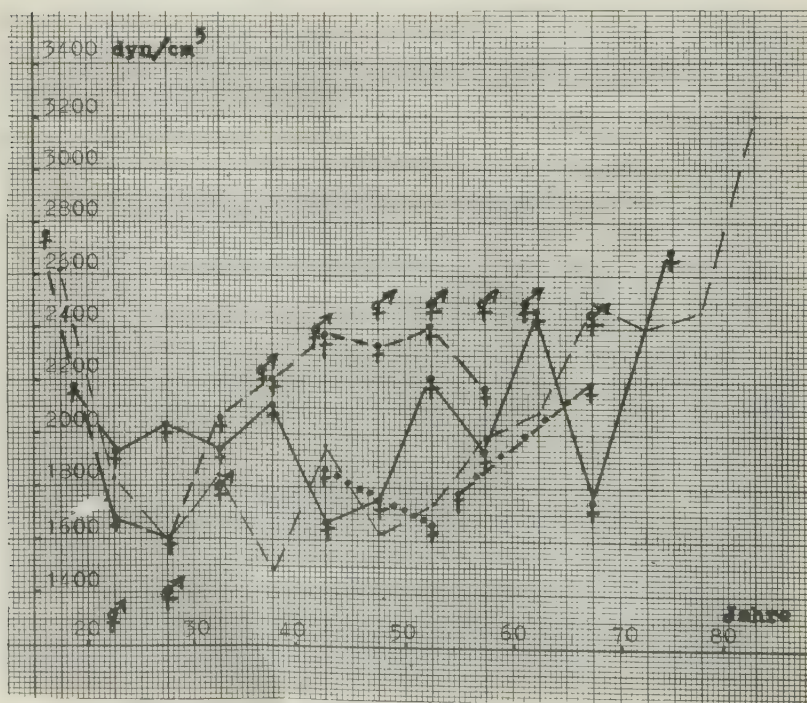


Abb. 15 Vergleichswerte zu Abb. 14.

normalen diastolischen Druckes der elastische Widerstand mit dem Alter fast konstant bleibt. Aber im Bereich des systolischen Druckes oder gar bei Hochdruckpatienten wird der elastische Widerstand im Alter druckpassiv stärker erhöht als in jüngeren Jahren.(36).

Brehm (3) findet bei Frauen ebenfalls ein Absinken des elastischen Widerstandes des Windkessels bis etwa zum 20. Lebensjahr, danach verläuft die E'-Alterskurve für Frauen in etwa konstant. Die E'-Alterskurve von Kastratinnen, die vor dem Klimakterium kastriert worden sind, (3) entspricht dagegen den Werten Wezlers, also auch unseren Werten, nur daß sie im ganzen höher liegt als unsere Kurve. Die Ovarialtätigkeit sieht Brehm (3) daher als Ursache für den Unterschied der E'-Alterskurve für Männer und Frauen an. (Siehe Ab. 15 und Tab. 3).

Der periphere Widerstand W in dyn · sec/cm⁵:

Der periphere Widerstand sinkt nach unseren Werten von 1580 dyn · sec/cm⁵ für 18 Jahre auf 1400 dyn · sec/cm⁵ für 23 Jahre. Danach erfolgt ein sehr unregelmäßiger Anstieg auf 2220 dyn · sec/cm⁵ für 83 Jahre. (Siehe Abb. 16 und Tab. 3).

Wezler (36) gibt von 20 bis 70 Jahre einen stetigen linearen Anstieg des peripheren Widerstandes an. Seine Werte liegen höher als unsere. (Siehe Abb. 17 und Tab. 3).

Knebels Altersnormwerte für Männer und Frauen zeigen einen gleichmäßigen Anstieg des peripheren Widerstandes von 15 bis 70 Jahre an. Sie liegen höher als unsere Werte. (Siehe Abb. 17 und Tab. 3).

Nach Wezler (36) geht die Arteriosklerose in der Peripherie nicht mit einer Erweiterung der Gefäße einher wie im Windkesselsystem sondern mit einer progressiven Gefäßverengung. Dadurch wird im Alter der Strömungswiderstand erhöht. Gleichzeitig nimmt durch die Arteriosklerose die passive Dehnbarkeit der Gefäße ab mit zunehmendem Alter, und die Muskularis also der aktive Anteil der Gefäßwand wird ebenfalls geschwächt. Das hat zur Folge, daß im Alter die Widerstände

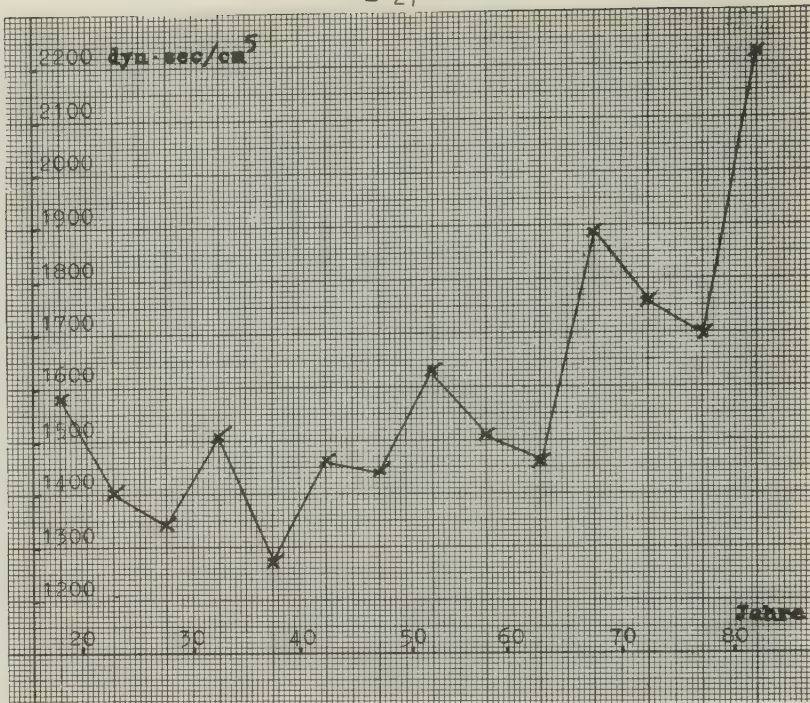


Abb. 16 Mittelwerte des peripheren Widerstandes W in dyn · sec/cm⁵.

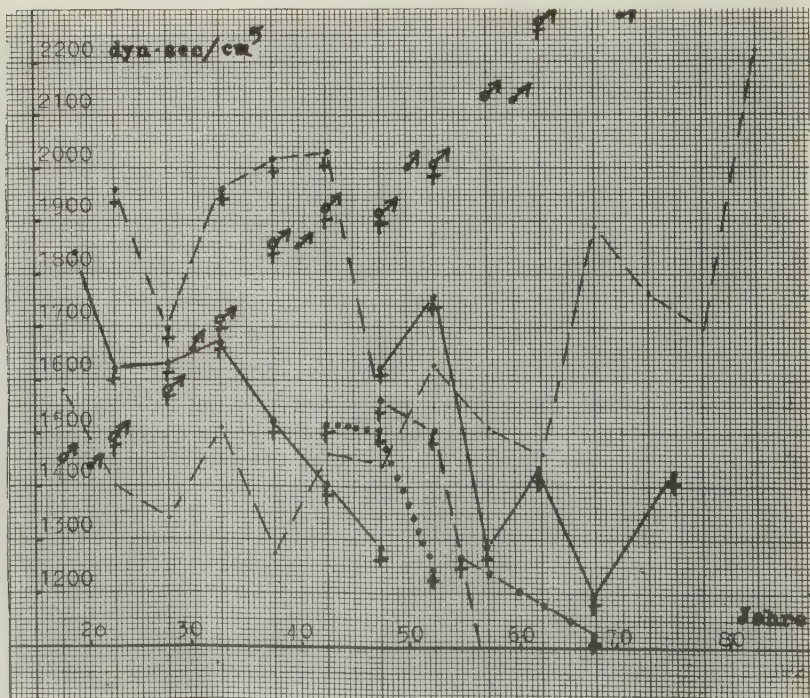


Abb. 17 Vergleichswerte zu Abb. 16.

"mit steigendem Druck (bei konstantem muskulären Tonus) "weniger stark abnehmen" und daß sie andererseits "mit fallendem Druck (bei konstantem Tonus) infolge verringerter elastischer Retraktion weniger stark druckpassiv zunehmen." Schließlich ist auch die "aktiv muskuläre Regulationsbreite der allgemeinen und örtlichen Strömungswiderstände" im Alter durch die zunehmende Sklerose der Gefäßwände reduziert. "Dadurch muß im höheren Alter das Verhältnis von Grund- und Wechsel-durchblutung der Organe, auch des Myokards durch die Koronarien" (19), "und die regulativ bedeutungsvolle Änderung dieses Verhältnisses" "unter Umständen stark beeinträchtigt werden." (36).

Brehm (3) findet bei Frauen nach dem 20. Lebensjahr einen in etwa konstanten Verlauf - bzw. eine leichte Abnahme - des peripheren Widerstands mit zunehmendem Alter. Wir stellen also einen geschlechtsverschiedenen Verlauf fest. (Siehe Abb.17 und Tab.3).

Der Dämpfungsfaktor des arteriellen Systems E'/W :

Unsere Alterskurve für den Dämpfungsfaktor des arteriellen Systems zeigt zunächst einen Abfall von 1,660 bei 18 Jahren auf 1,200 bei 28 Jahren. Danach erfolgt ein sehr unregelmäßiger langsamer Anstieg und nach dem 70. Lebensjahr ein steiler Anstieg auf 1,440 bei 83 Jahren. (Siehe Abb.18 und Tab.3).

Nach Wenzler (36) ist der Dämpfungsfaktor des arteriellen Systems im Alter verändert, und zwar jenachdem ob die zentrale oder die periphere Sklerose überwiegt, wird entweder der Windkessel zu rasch oder zu langsam entleert. Das macht sich im Bereich des diastolischen Druckes nicht so stark bemerkbar, jedoch im Bereich des systolischen Druckes oder gar bei Hochdruck wird es sehr viel deutlicher. Unserer E'/W -Alterskurve nach zu urteilen, überwiegt bereits im mittleren Lebensalter und nach dem 70. Lebensjahr noch sehr viel stärker die zentrale Sklerose.

Brehm (3) findet für das Erwachsenenalter bei der Frau einen Dämpfungsfaktor von 1,1 bis 1,2. Nach dem 45. Lebensjahr steigt dieser Wert etwas an; dieser Anstieg wird dann durch das Klimakterium für einige Jahre rückgängig gemacht. Danach steigt der Dämpfungsfaktor steil an. (Frauen, die bereits vor dem Klimakterium kastriert wurden, zeigen diesen alternsverzögernden Einfluß des Klimakteriums nicht. Der Dämpfungsfaktor steigt hier schon nach dem 40. Lebensjahr steil

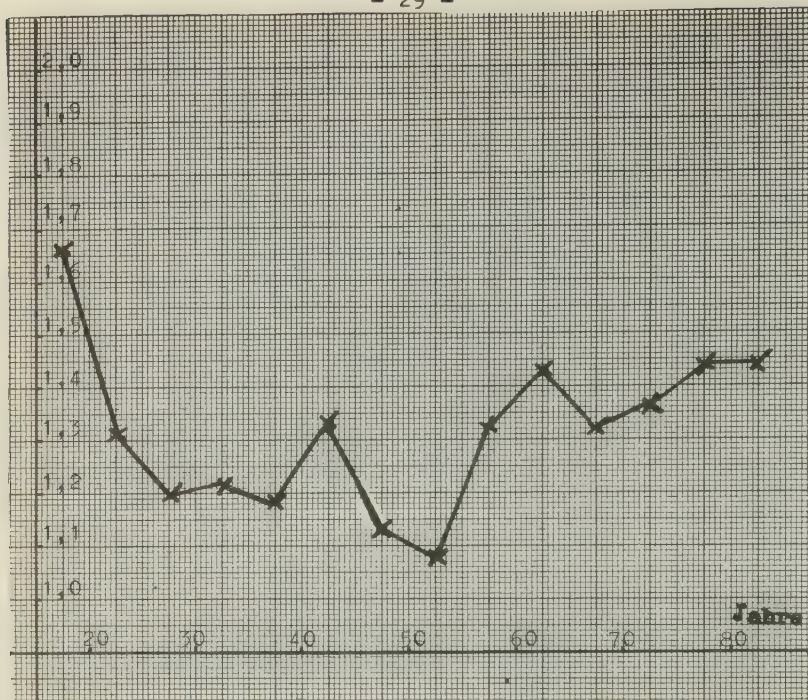


Abb. 18 Mittelwerte des Dämpfungsfaktors des arteriellen Systems E'/W .

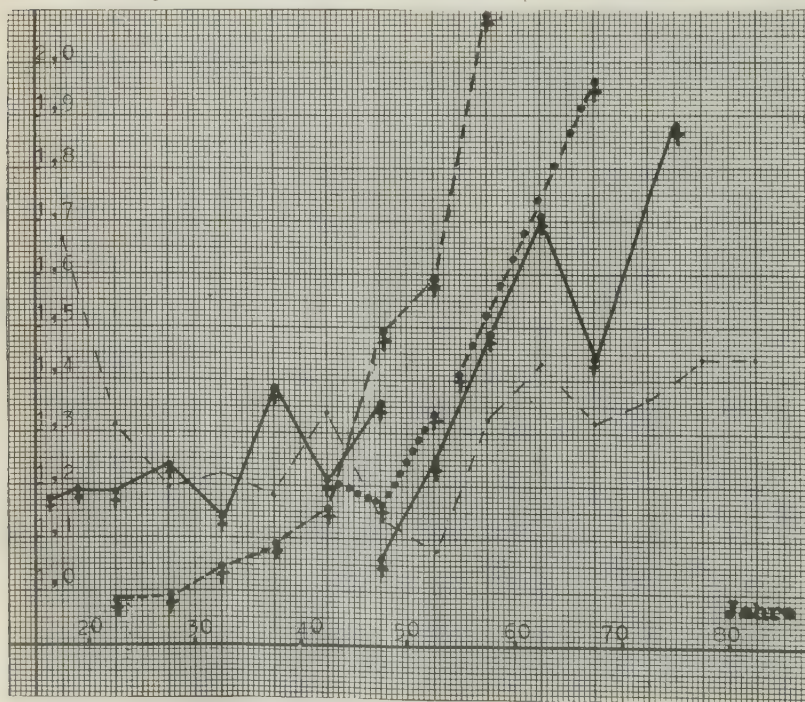


Abb. 19 Vergleichswerte zu Abb. 18.

an). (3). Die Relation beider Widerstände zueinander ändert sich also bei beiden Geschlechtern gleichsinnig, obwohl sich die Widerstände je nach Geschlecht verschieden verhalten. (Siehe Abb.19 und Tab.3).

Die Leistung des linken Ventrikels in erg/sec:

Die Leistung des linken Ventrikels steigt von 18 bis 28 Jahre von $11,4 \cdot 10^3$ erg/sec auf $12,8 \cdot 10^3$ erg/sec an und verbleibt nun sehr unregelmäßig in etwa auf dieser Höhe. Nach dem 55. Lebensjahr steigt die Leistung jedoch immer steiler an auf $15,5 \cdot 10^3$ erg/sec bei 80 Jahren. (Siehe Abb.20 und Tab.3).

Um das Minutenvolumen gegen den arteriellen Mitteldruck in die Aorta einzuwerfen, muß das Herz eine gewisse Leistung aufbringen. Nach Wezler (36) antwortet das jugendliche und gesunde Herz auf eine chronische arterielle Druckerhöhung "mit Hypertrophie des Myokards, die zu einer Gewichtszunahme der Kammer bzw. des ganzen Herzens führt." Entsprechend steigt auch das Gewicht der linken Kammer beim Erwachsenen durch die stetige arterielle Druckerhöhung "bis zum 50. Lebensjahr sehr genau proportional zu der Höhe des diastolischen Druckes." Wezler (36) spricht von "normaler bzw. physiologischer Arbeits- oder Spannungshypertrophie" des Herzens.

Nach dem 55. Lebensjahr reicht nun nach Wezler (36) die physiologische Hypertrophie des Herzmuskels nicht mehr aus, um die erhöhte Arbeitsbelastung bzw. den immer steiler werdenden Blutdruckanstieg auszureichen. Es kommt zu einem "Mißverhältnis zwischen der Masse der Herz- und Ventrikelmuskulatur und der von ihr geforderten Arbeits- und Spannungsentwicklung". (36). Wezler (36) spricht von "latenter physiologischer Altersinsuffizienz des Herzmuskels" oder von einem "physiologischen Näherrücken der Insuffizienzgrenze". Daß um das 55. Lebensjahr die "zeitliche Grenze der physiologischen Altersanpassung des Herzens" liegt, geht auch daraus hervor, daß nach dieser Zeit "die Zunahme an Kreislaufiginvaliden ihre stärkste Beschleunigung erfahren" und daß "die allgemeine Sterblichkeitskurve im 6. Jahrzehnt ihre stärkste Krümmung (nicht Steilheit) aufweist". (36).

Gibt man die Leistung des linken Ventrikels pro Gramm Herzgewicht an, so zeigt sich, daß um das 20. Lebensjahrzehnt die größte Leistungsreserve des Herzens besteht. (3). Mit dem Alter nimmt die Leistung, die pro Gramm Herzgewicht gefordert wird, immer mehr zu infolge des

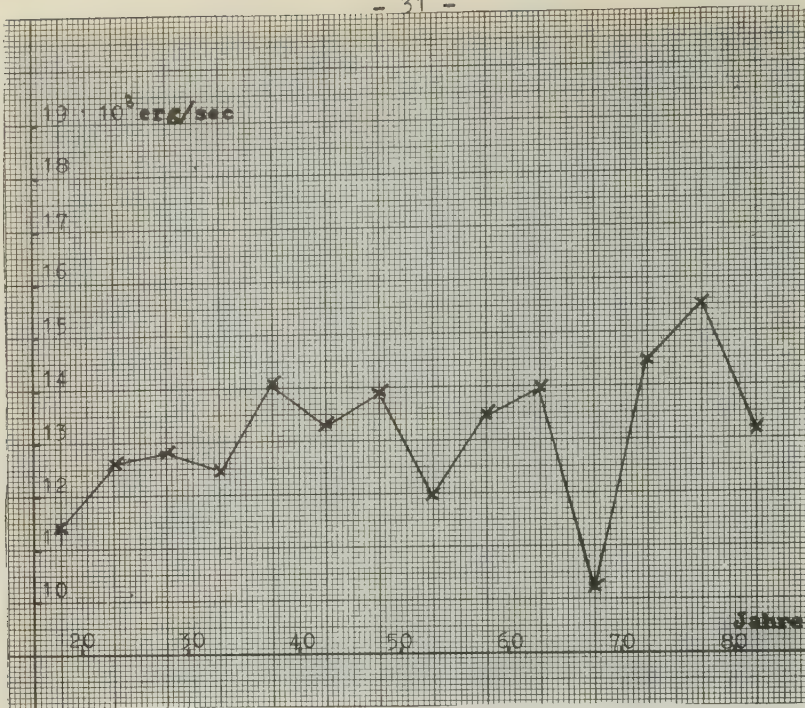


Abb. 20 Mittelwerte der Leistung des linken Ventrikels I in Erg/sec.

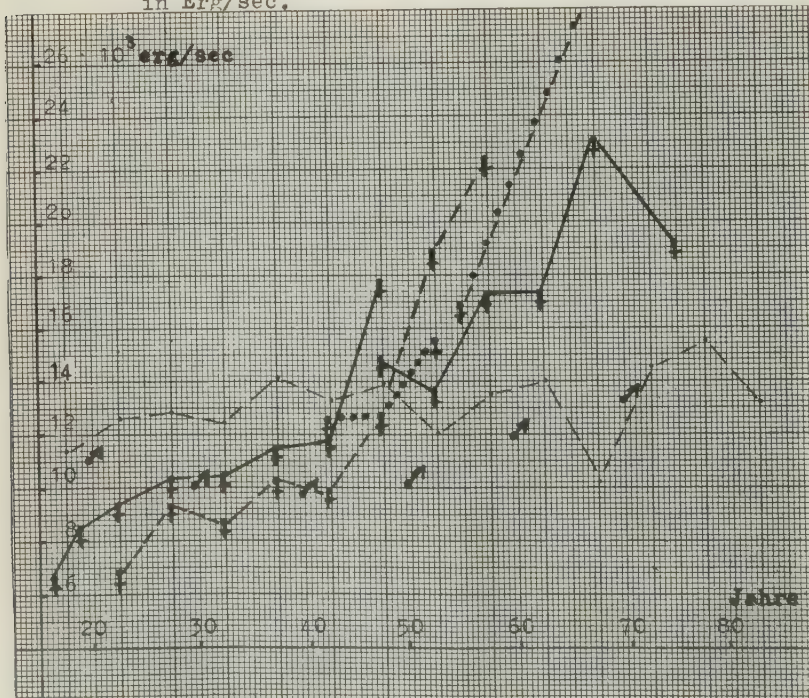


Abb. 21 Vergleichswerte zu Abb. 20.

steigenden arteriellen Mitteldrucks, bis schließlich die physiologische Hypertrophie des Herzmuskels diese Mehranforderung nicht mehr ausgleichen kann, was schließlich zur Dekompensation führen muß.

Nach Wezler (36) unterscheidet sich die altersbedingte Mehrbelastung des rechten Ventrikels nur graduell von derjenigen des linken Ventrikels.

Nimmt die Hypertrophie des Herzmuskels über ein gewisses Maß hinaus zu, so ist eine ausreichende Sauerstoffversorgung nicht mehr garantiert. Das muß zu regressiven Veränderungen am Myokard führen. Diese Veränderungen werden weiterhin durch die Alterung der Koronararterien und die dadurch bedingte schlechtere Durchblutung des Herzens begünstigt. (19). Nach Wezler (36) bestehen die "regressiven Veränderungen am alternden Myokard" hauptsächlich in einer Atrophie, einer Zunahme der melanotischen Pigmentation und in einer Fragmentation der Muskelfasern, schließlich kommt in späteren Stadien noch eine Myofibrose hinzu.

Bezüglich der Geschlechtsunterschiede in der Herzleistung läßt sich noch folgendes sagen: Da der arterielle Mitteldruck bei der Frau nach dem Klimakterium steiler ansteigt als beim Mann (3), ist auch entsprechend die vom Herz der Frau geforderte Leistung größer als beim Mann. Dies ergibt sich auch, wenn man Brehms Werte für die Leistung des linken Ventrikels der Frau (3) oberhalb 50 Jahren mit Wezlers Werten von Männern bzw. mit unseren Werten vergleicht. Dementsprechend ist auch die von Jagic, N. und Nagl angegebene Gewichtszunahme des Herzmuskels in diesen Altersklassen bei der Frau größer als beim Mann. (Zit. nach (3)).

Das Schlagvolumen V_s nach Wezler und Böger:

Unsere Alterskurve für das Schlagvolumen nach Wezler und Böger zeigt nach einem kurzen Anstieg bis zum 28. Lebensjahr einen langsamen unregelmäßigen Abfall von $84,5 \text{ cm}^3$ bei 28 Jahren bis auf 54 cm^3 bei 83 Jahren. (Siehe Abb.22 und Tab.3).

Die Schlagvolumenalterskurve nach Brömser und Ranke, die wir nur aus Vergleichsgründen mit eingezeichnet haben, zeigt diesen Alternsgang nicht so deutlich. Bis 43 Jahre verläuft sie parallel der Schlagvolumenkurve nach Wezler und Böger nur etwas höher. Danach steigt

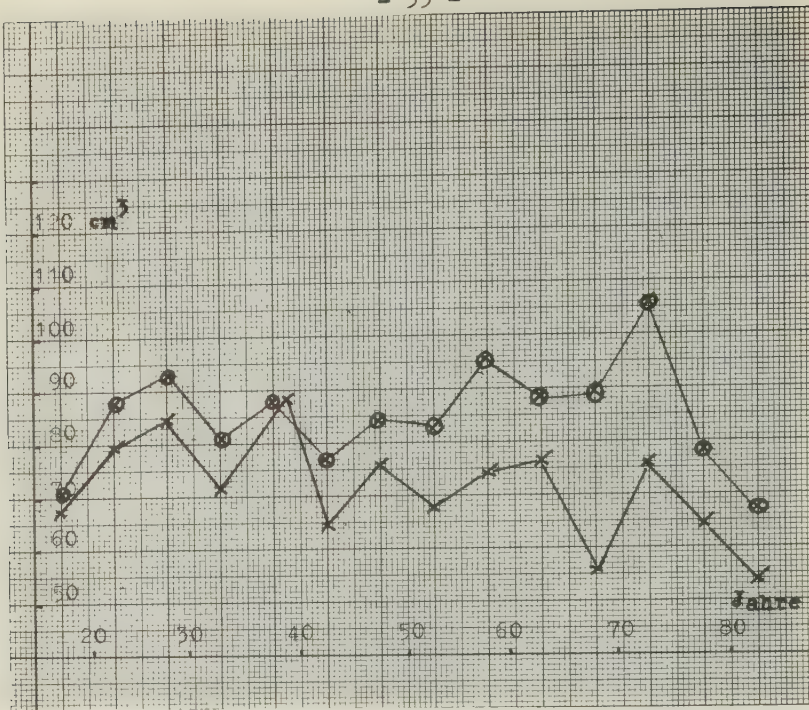


Abb. 20 Mittelwerte der Soll- und Ist- V in cm^3 $\times \times \times V_S$ nach Weizler und B. $\circ \circ \circ V_B$ nach Einzeluntersuchen.

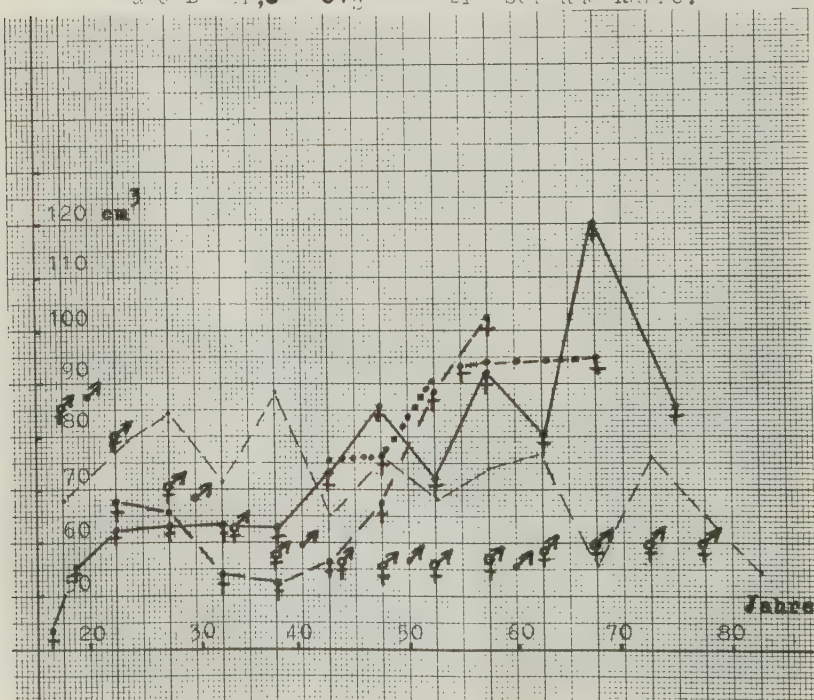


Abb. 21 Var. Werte zu Abb. 20.

das Schlagvolumen nach Brömser und Ranke zunächst unregelmäßig bis etwa 73 Jahre an, fällt dann aber ebenfalls ab. (Siehe Abb. 22 und Tab.3).

Wezler (36) weist darauf hin, daß es sehr schwierig ist, das genaue Schlagvolumen des Menschen zu bestimmen; denn selbst das Ruhemintenvolumen wechselt beträchtlich bei einzelnen Individuen auf Grund des starken Einflusses des vegetativen Tonus, der jedem Individuum eigen ist. Wezler glaubt trotz dieser Vorbehalte ein Absinken des Schlagvolumens mit dem Alter feststellen zu können, läßt es aber im ganzen noch weitgehend offen, da die hohen Altersgruppen bei seinen Untersuchungen zahlenmäßig sehr viel geringer sind. Wezlers V_s -Werte liegen niedriger als unsere Werte. (Siehe Abb. 23 und Tab.3).

Knebels altersnormwerte des Schlagvolumens für Männer und Frauen, die ebenfalls nach der Wezler und Böger-Methode bestimmt worden sind, zeigen einen zu unserer Kurve in etwa parallelen Verlauf. Sie liegen aber im ganzen niedriger als unsere Werte. (Siehe Abb.23 und Tab.3).

Klensch und Wallfelz (16) bestätigen mit Hilfe der ballistischen Schlagvolumenbestimmung bei männlichen Jugendlichen qualitativ die Werte Wezlers. Ihre V_s -Werte liegen aber etwas niedriger als Wezlers Werte. (Siehe Tab.3).

Ebenso gibt auch Hartleb (11) ein Absinken seines ballistisch bestimmten Schlagvolumens mit zunehmendem Alter an. (Siehe Tab.3).

Brenn (3) findet bei der Frau einen steilen Anstieg des Schlagvolumens bis etwa 20 Jahre, das würde unserem Anstieg des Schlagvolumens, der allerdings bis zum 28. Lebensjahr verläuft, entsprechen. Bis 40 Jahre bleibt das Schlagvolumen auf der gleichen Höhe, danach steigt es bei der Frau stetig an. Während der Pubertät ist das Schlagvolumen kleiner und im Klimakterium größer, als es dem übrigen Altersgang entspricht. (3). Auch das Schlagvolumen von Kastratinnen steigt nach dem 40. Lebensjahr steil an. (Siehe Abb.23 und Tab.3).

Das Minutenvolumen nach Wezler und Böger:

Unsere Alterskurve des Minutenvolumens V_m nach Wezler und Böger zeigt zunächst einen Anstieg von 5,1 liter für 18 Jahre auf 5,88 Liter für 28 Jahre. Es verbleibt dann in etwa auf dieser Höhe bis zum 63.

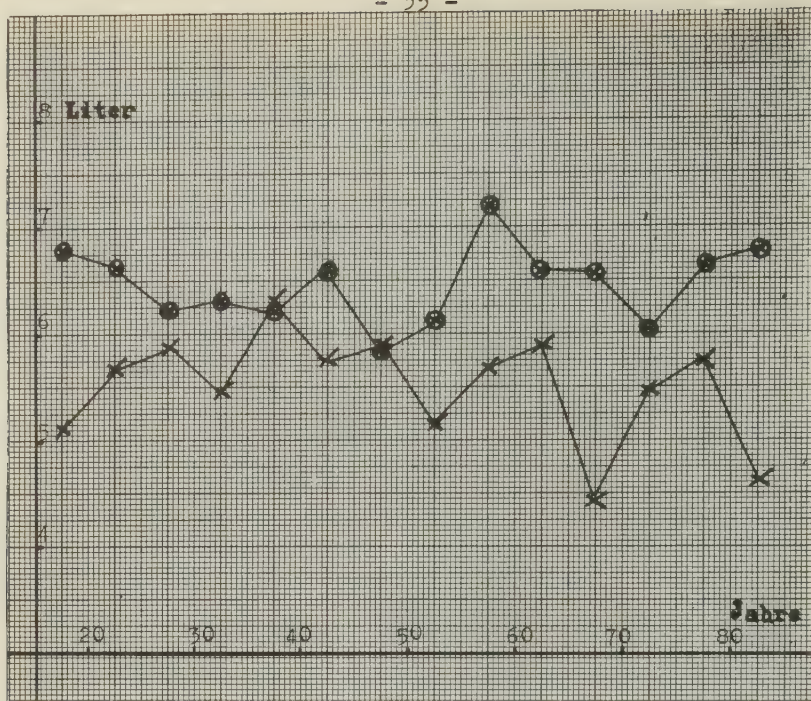


Abb. 24 Mittelwerte der M-nutenvolumina V_m in L, $\times$ V_m nach Wezler und Böger, $\bullet$ V_m nach Brömser und Ranke.

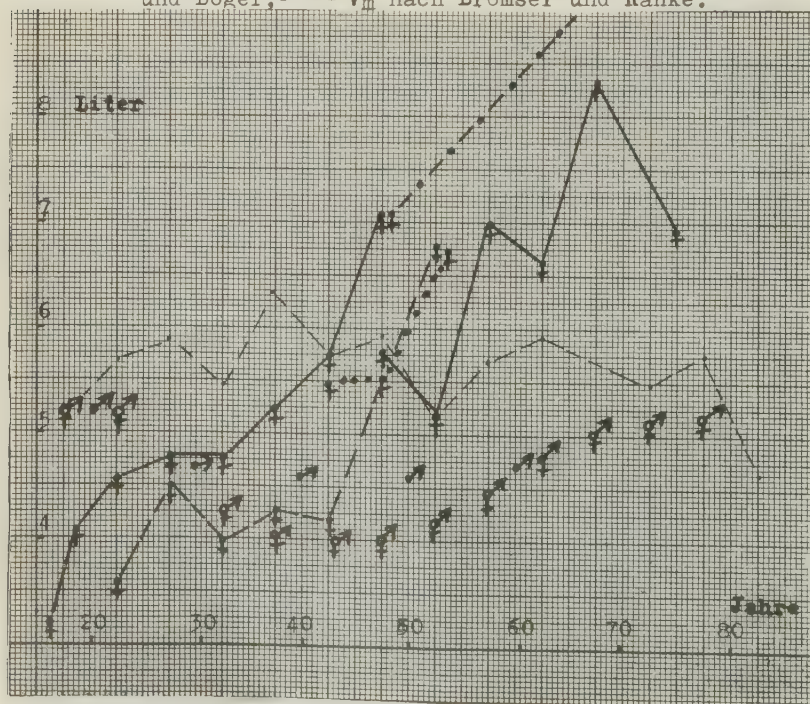


Abb. 25 Vergleichswerte zu Abb. 24.

Lebensjahr, durchläuft dabei allerdings ein Minimum bei 53 Jahren. Nach dem 63. Lebensjahr sinkt das Minutenvolumen sehr unregelmäßig ab auf 4,61 Liter. (Siehe Abb.24 und Tab.3).

Die Alterskurve des Minutenvolumens nach Brömser und Ranke verläuft in etwa parallel dem Minutenvolumen nach Wezler und Böger. Jedoch ist das Absinken des Minutenvolumens nach Brömser und Ranke nach dem 63. Lebensjahr nicht so deutlich. (Siehe Abb.24 und Tab.3).

Ein Vergleich unseres Minutenvolumens nach Wezler und Böger mit der gleichzeitig durchgeführten Blutmengenbestimmung (22), und zwar mit der Blutmenge in cm^3 , zeigt eine weitgehende Parallelität. (Siehe Abb.26 und Tab.3). Das heißt, daß eine Zunahme des Minutenvolumens mit einer Zunahme der zirkulierenden Blutmenge einhergeht bzw. umgekehrt eine Abnahme des Minutenvolumens mit einer Abnahme der zirkulierenden Blutmenge.

Wezlers V_m -Alterskurve für Männer (34) zeigt im ganzen etwas tiefere Werte als unsere. Wezler findet einen erst steileren dann langsameren Abfall des Minutenvolumens von 15 bis etwa 45 Jahre, der unserem Abfall bei etwa 48 Jahren entspricht. Danach zeigt Wezlers V_m -Alterskurve für 60 Jahre wieder eine ansteigende Tendenz, das entspricht auch unserer Kurve. Höhere Altersgruppen sind von Wezler nicht herangezogen worden. Er läßt es aber offen, ob das Minutenvolumen im hohen Alter steigt oder fällt (36), also entsprechend dem veränderten Energieumsatz des älteren Menschen reduziert wird. (Siehe Abb.25 und Tab.3).

Knebels V_m -Altersnormwerte für Männer und Frauen liegen im ganzen niedriger als unsere Werte. Sie zeigen einen Abfall des Minutenvolumens bis etwa zum 40. Lebensjahr und danach einen langsamen Anstieg bis zum 80. Lebensjahr. (Siehe Abb.25 und Tab.3).

Bezüglich unserer höheren Schlag- und Minutenvolumina sei Wezler (35) zitiert. Er weist hier auf die Schwierigkeiten hin, die die Bestimmung des Ruheminutenvolumens selbst unter Grundumsatzbedingungen bereitet. Nicht durch die Fehlerbreite der Methode sondern durch den "Einfluß endogener biologischer Faktoren" und durch die "bei jedem gesunden Individuum mehr oder weniger ausgeprägte charakteristische vegetative Struktur" kann das Minutenvolumen nach Wezler (35) in

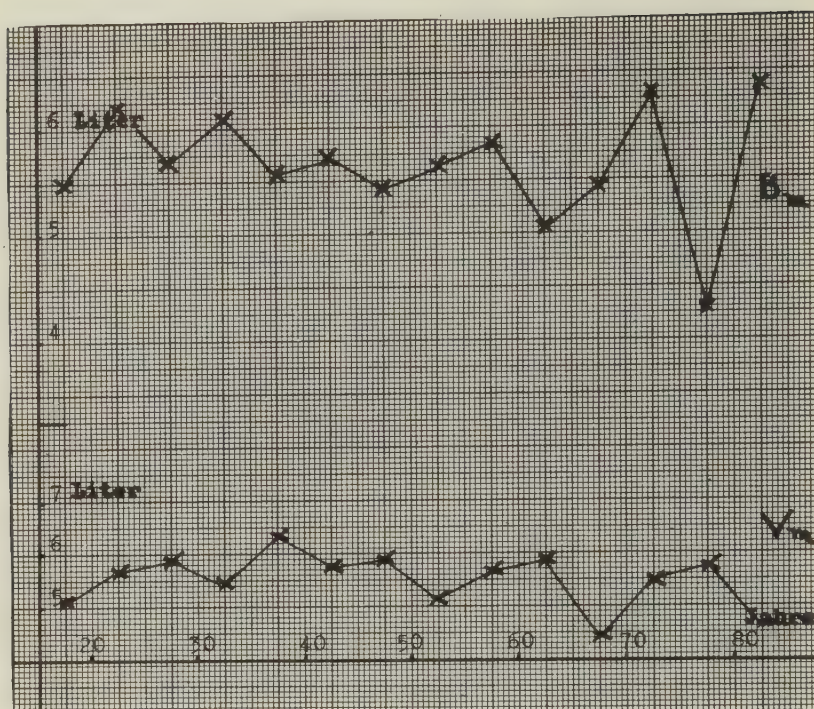


Abb. 26 Mittelwerte des Minutenvolumens nach Wezler und Böger in L (unten in der Abb.).

Mittelwerte der Blutmenge in cm^3 (oben in der Abb.).
Die Blutmengebestimmung wurde gleichzeitig und an den gleichen Versuchspersonen durchgeführt.(22).

extremen Einzelfällen zwischen 1,7 und 9,1 l/min schwanken.

Hier ist die gleichzeitig durchgeführte Blutmenge- und Kreislaufzeitbestimmung (22) zu erwähnen. Der Einstich ~~und das~~ Liegenlassen der Kanüle zur Blutmengebestimmung und weiterhin die Angaben des Äther- bzw. Decholingeschmackes bei der Kreislaufzeitbestimmung haben wohl doch zu einer Erregung der Versuchspersonen und damit zu einer Erhöhung des Minutenvolumens geführt. (26). (Siehe auch Tab.1).

Weiterhin muß diskutiert werden eine zu hohe Angabe der Blutdruckamplitude, deren Größe mehr oder weniger durch das Gehör des Untersuchers bestimmt wird. Auch das muß zu einer Erhöhung des Minutenvolumens führen, da die Blutdruckamplitude in die Formel zur Schlagvolumenberechnung mit eingeht.

Mit den notwendigen Vorbehalten bezüglich des Vergleichs von Kreislaufwerten, die mittels verschiedener Methoden gewonnen worden sind, soll noch auf Klensch und Kallfelz's ballistische V_m -Bestimmungen an männlichen Jugendlichen (16) hingewiesen werden, die die Werte Wezlers (34) und Bolts (16) qualitativ bestätigt haben. Wezlers Werte liegen nur etwas höher und Bolts Werte etwas niedriger als die von Klensch und Kallfelz bestimmten V_m -Werte. (Siehe Tab.3).

Hartleb (11) hat eine fast lineare Abnahme des Minutenvolumens vom 30. Lebensjahr an gleichfalls mit Hilfe der ballistischen V_m -Bestimmung festgestellt. (Siehe Tab.3).

Robinson (7) hat an Männern unter Belastung die maximale O_2 -Aufnahme in cm^3 pro kg Körpergewicht und pro Minute bestimmt. Es zeigt sich, daß nach dem 25. Lebensjahr die Leistungsfähigkeit mehr oder weniger linear absinkt und bei etwa 75 Jahren auf 50 % reduziert ist. Auch das könnte auf eine Abnahme des Minutenvolumens mit dem Alter hinweisen.

Bei einem Vergleich des Alternsganges des Minutenvolumens des Mannes mit der V_m -Alterskurve der Frau ergibt sich folgendes: Brehm (3) findet bei Frauen bei Beginn des Klimakteriums einen Anstieg des Minutenvolumens bedingt durch das "Schwinden des Follikelhormons" (3), was über Hypophysenzwischenhirnreizung zu Minutenvolumensteigerung gleichsinnig zum Alternsverlauf führt. Dagegen führt das "Geschwundensein des Progesterons" (3) am Ende des Klimakteriums zu einer Abnahme des Minutenvolumens also zu einer Rechtsverschiebung des Alterns anstieges.

Diese Geschlechtsdifferenz im Alternsgang des Minutenvolumens wird durch einen Vergleich unserer Werte mit den an der Frau erhobenen Befunden (3) bestätigt, obgleich unsere V_m -Werte im ganzen höher liegen als Brehms V_m -Werte von Frauen (mit Ausnahme der Werte für das höchste Alter, hier findet Brehm einen Anstieg des Minutenvolumens bei der Frau). Wir finden für die Altersgruppe 46-50 Jahre bei Männern ein Minutenvolumen von 5,90 liter. Für die gleiche Altersgruppe noch menstruierender Frauen, also von Frauen zu Beginn des Klimakteriums gibt Brehm ein Minutenvolumen von 7,07 Liter an (3); das bestätigt also die gleichsinnige Steigerung des Minutenvolumens zu Beginn des Klimakteriums bei der Frau. Für die Altersgruppe 51-55 Jahre haben wir bei Männern ein Minutenvolumen von 5,15 Litern gefunden gegenüber einem Minutenvolumen von 5,17 Litern bei Frauen in der beginnenden Menopause (3). Es hat nun also das "Geschwundensein des Progesterons" (3) wieder eine Abnahme des Minutenvolumens bewirkt. (Siehe Abb.25 und Tab.3).

Zusammenfassend läßt sich über den Alternsgang des Kreislaufes des Mannes folgendes sagen:

Während bei der Frau die Hormone den Alternsgang des Kreislaufes modulieren (3), also z.B. im Klimakterium beeinflussen, reicht die beim Manne sehr langsam erlöschende Hodenfunktion nicht aus, um den Alternsgang des Kreislaufes zu beeinflussen. (3).

Der Alternsgang des Kreislaufes des Mannes wird bestimmt durch die normale mit dem Alter eintretende Physiosklerose der Gefäßwände. Diese Physiosklerose besteht zu etwa 20 % in einer Anhäufung von Lipoiden und Mineralien und zu etwa 80 % in einer Bindegewebsvermehrung in der Gefäßwand. (6). Diese mit zunehmendem Alter eintretende Physiosklerose entwickelt sich beim Mann sehr viel stärker als bei der Frau (20,25), so ist z.B. "in der 8. Lebensdekade das Gewicht einer Frauenaorta dem Gewicht einer 10 Jahre jüngeren Männeraorta gleich". (20). Hevelke (12) stellt der normalen mit dem Alter eintretenden Physiosklerose die Arteriosklerose als eine Komplikation mit zusätzlichen entzündlichen Veränderungen gegenüber. Die Sklerose des Windkessels führt zur Dehnbarkeitsabnahme seiner Wandung, die zunächst weitgehend bis etwa zum 50. Lebensjahr durch die Volumenzunahme des Windkessels ausgeglichen wird (34, 39), im höheren Alter kommt noch ein gewisser Ausgleich durch die gleichzeitige Zunahme des peripheren Widerstandes infolge der Sklerose der peripheren Gefäße zustande. (39,2). Unter normalen Verhältnissen kommt es deshalb selbst im hohen Alter zu keiner Störung der Windkesselfunktion, was eine hohe Druckamplitude im Windkessel, einen starkrhythmischen Blutstrom in der Femoralarterie und einen Kapillarpuls zur Folge hätte. (39,2).

Der Herz-Gefäßtod ist beim Mann sehr viel häufiger als bei der Frau, da der bezüglich der Lebenserwartung günstige Einfluß des Klimakteriums wegfällt. (3,28). Dagegen ist die Hypertoniehäufigkeit beim Mann im 6. Lebensjahrzehnt nur noch halb so groß wie bei der Frau. (3,21). Auch das geht auf den Einfluß des Klimakteriums zurück, wie wir schon ausführlich beschrieben haben (Seite 22).

Wir haben beim Mann einen stetigen Anstieg der Pulswellengeschwindigkeit mit dem Alter, ebenso einen stetigen Anstieg der Blutdruckamplitude, des systolischen und des diastolischen Druckes und des arteriellen Mitteldruckes, des elastischen und des peripheren Widerstandes,

der Herzleistung und nicht so deutlich des Dämpfungsfaktors des arteriellen Systems gefunden. Weiterhin fällt die Schwingungszeit des Windkessels mit dem Alter fast linear ab, was ja der sich umgekehrt proportional verhaltenden Pulswellengeschwindigkeit entspricht. Die Dauer der mechanischen Systole, der Diastole und der Pulsperiode und ebenso die Frequenz zeigen keinen so deutlichen Alternsgang.

Beim Schlag- bzw. Minutenvolumen haben wir einen Abfall mit zunehmendem Alter festgestellt. Wezler (36) läßt es, wie schon erwähnt, offen, ob das Schlagvolumen mit dem Alter absinkt und das Minutenvolumen durch einen entsprechenden Frequenzanstieg auf gleicher Höhe bleibt. Brehm (3) gibt einen Anstieg des Schlag- bzw. Minutenvolumens bei der Frau mit zunehmendem Alter an. Brehm (3) erklärt diese Zunahme des Minutenvolumens mit einer Verschlechterung der Permeabilität der Zellmembranen mit zunehmendem Alter. (24). Wendt erklärt z.B. den Altershochdruck, den Altersdiabetes und die Alterspolyglobulie als Kompensationsvorgänge gegenüber einer "krankhaft verminderten Zellpermeabilität für Wasser, Glucose oder O_2 ". (3).

Ob sich nun unsere Abnahme des Schlag- bzw. Minutenvolumens beim Mann durch "eine allgemeine alternsphysiologische Herabsetzung des Ausmaßes wie der Geschwindigkeit aller vitalen Leistungen des Organismus" (28) und damit durch eine Herabsetzung der Gesamtanforderung an den Kreislauf (18,28) erklären läßt und weiterhin durch die beschriebene Abnahme der mechanischen Systole im Alter (Seite 16.), möchten wir nicht entscheiden. Oder ob es sich bei der Schlag- bzw. Minutenvolumenabnahme beim Mann gegenüber der V_s - bzw. V_m -Zunahme bei der Frau um einen Geschlechtsunterschied handelt, müßten weitere Untersuchungen speziell der hohen Altersgruppen über 70 Jahre aufklären.

Tab.3

Alter Jahre	Mittelwerte der Pulswellengeschwindigkeit a_{AO} in m/sec						
	eigene)	Wezler Männer	Brehm Frauen		Meno- pause	kastr. vor nach Klimakt.	
			menstr.	Klimakt.			Knebel Männer + Frauen
15-20	6,77	4,8	6,61				4,75
21-25	5,73		5,57				
26-30	5,37	5,6	5,94			5,97	2,57
31-35	6,2		6,51			5,61	0,2
36-40	6,2	6,2	6,62			7,11	7,1
41-45	7,31		7,5			7,5	6,52
46-50	7,31		6,36	6,99		8,30	0,62
51-55	6,48	7,0	6,97	7,16	7,52	9,05	1,2
56-60	7,61			7,07	8,45	8,85	4,89
61-65	7,99	8,0			8,70	7,57	6,97
66-70	8,2				9,73		10,4
71-75	9,5	9,2			8,64	7,97	10,7
76-80	9,55	10,0					11
81-85	11,94				13,37		11,3
	13,2						

Alter Jahre	Mittelwerte der Windkesselschwingungsdauer T_{Fem} in 6					
	eigene	Brehm Frauen		Meno- pause	kastr. vor nach Klimakt.	
		menstr.	Klimakt.			
15-20	395	402				
21-25	421	385			476	
26-30	402	410			427	
31-35	375	387			382	
36-40	400	383			347	
41-45	360	367			338	
46-50	361	365	365		356	
51-55	394		373	395	319	
56-60	328		369	332	288	328
61-65	307			374		
66-70	335			321		
71-75	290			379	275	
76-80	328					
81-85	316			369		

*) Sämtliche eigenen Mittelwerte wurden aus den Einzelwerten berechnet; Also z.B. der Mittelwert (Fortsetzung siehe unten Seite 43.)

Alter Jahre	Mittelwerte der mechanischen Systole S, der Diastole D und der Pulsperiode τ in ϵ , weiterhin S in % von τ und der Quotient S/D, weiterhin die QT-Dauer des EKG in ϵ					
	S eigene	D eigene	τ eigene	S in % v. τ eigene	S/D eigene	QT-Dauer des EKG= elektr. Systole (38)
15-20	264	566	830	31,8	0,466	365
21-25	292	577	868	33,6	0,507	
26-30	286	617	905	31,7	0,465	367
31-35	271	531	803	33,7	0,510	
36-40	268	590	860	31,2	0,455	368
41-45	254	488	740	34,4	0,520	
46-50	276	615	890	31	0,450	370
51-55	265	560	826	32	0,474	
56-60	277	530	806	34,4	0,521	370
61-65	283	539	810	34,9	0,524	
66-70	274	520	770	35,6	0,528	370
71-75	279	549	830	33,6	0,509	
76-80	246	442	687	35,8	0,557	378
81-85	273	462	734	37	0,591	

Alter Jahre	Mittelwerte der Pulsschläge pro Minute Fr						
	eigene	Knebel Männer+ Frauen	Brehm Frauen menstr.	Klimakt.	Meno- pause	kastr. vor Klimakt.	nach Klimakt.
15-20	75,5	61	75,4				
21-25	71,4	64	73,7			52,3	
26-30	69,7	67	75			68,2	
31-35	76	68	74,2			74	
36-40	72	69	83,1			81,4	
41-45	89	71	78,7	72,9		74	
46-50	78	73	82,4	72,2	66,3	80,7	
51-55	75,7	75		74,3	71,8	76,3	
56-60	76,6	78			75,5	86,8	74,5
61-65	76,6	82			82,6		
66-70	79	84			69,7		103,8
71-75	72	86					
76-80	88,6	87			81		
81-85	85,4						

Fortsetzung von Seite 42 unten: des Schlagvolumens wurde nicht aus den Mittelwerten von Δp und E' errechnet sondern aus den Einzelwerten von Δp und E' . Hierdurch kommt es zu gewissen Differenzen unter den einzelnen Mittelwerten.

Alter Jahre	Mittelwerte der Blutdruckamplituden Δp in mm Hg						
	eigene	Knebel Männer	Brehm menstr.	Frauen Klimakt.	Meno- pause	kastr. vor Klimakt.	nach Klimakt.
15-20	66,8	43	43,5				
21-25	54,9	44	44,9			42,5	
26-30	51	45	48,3			39	
31-35	49,7	44	45,5			41,6	
36-40	49,6	44	49,7			43,8	
41-45	47,3	44	46	51,8		50,2	
46-50	46,4	45	56	50,1	56,3	59	
51-55	48	49		56,2	59,5	79,5	
56-60	55,2	50			66,1	83	62,8
61-65	59,9	53			73,9		
66-70	56,9	62			77,7		78,5
71-75	63,2	72					
76-80	66	76			86,5		
81-85	39						

Alter Jahre	Mittelwerte des systolischen Druckes P_s in mm Hg						
	eigene	Wezler Männer	Knebel Männer	Brehm menstr.	Frauen Klimakt.	Meno- pause	kastr. vor Klimakt.
15-20	138,5	116	116	118			
21-25	130,2		120	118,8			111
26-30	125,5	120	123	117,8			117
31-35	130,2		123	124,5			121,4
36-40	128,5	125	124	124,5			133,2
41-45	131,7		125	127,5	133,2		135,0
46-50	132	131	128	126,3	131,9	149	140,6
51-55	133		134	145,2	135,9	147,6	172
56-60	137,6	141	138			149,6	161
61-65	142		143			160,1	
66-70	137		152			169	177,5
71-75	159	157	162			173,3	
76-80	160		168				
81-85	179,5						

Alter Jahre	Mittelwerte des diastolischen Druckes P_d in mm Hg							
	eigene	Wezler Männer	Knebel Männer	Brehm Frauen		Meno- pause	kastr.	
				menstr.	Klimakt.		vor	nach Klimakt.
15-20	71,7	75	73	74,5				
21-25	75,9		76	73,9			68,5	
26-30	76,7	79	78	72,7			78	
31-35	80,9		79	76,2			79,8	
36-40	79	81	80	79			89,4	
41-45	84,1		81	77,8			84,8	
46-50	86	83	83	80,3	81,4		81,6	
51-55	84,8		85	89,2	81,8	92,9	81,6	
56-60	83,7	87	88		79,7	98,1	92,5	
61-65	82,5		90			83,5	78	81,5
66-70	80		90			86,2		
71-75	90,5	89	90			91,3		99
76-80	93,2		92			86,8		
81-85	90,3							

Alter Jahre	Mittelwerte des arteriellen Mitteldruckes P_m in mm Hg							
	eigene	Brehm Frauen		Meno- pause	kastr.	vor	nach Klimakt.	
		menstr.	Klimakt.					
15-20	100,3	93,2						
21-25	99,7	93,3						
26-30	98,2	92,1				86,8		
31-35	103	97				94,8		
36-40	100,2	98,6				97,7		
41-45	104,6	99,2				108,2		
46-50	106	100,1	103,6			106,3		
51-55	105,3	113,5	103,4	116,9	107			
56-60	107		103,9	113,7	126,7	110		
61-65	107,3			111,9	113,7			
66-70	104,2			118				
71-75	120			124,7		132,8		
76-80	122			123,9				
81-85	128							

Alter Jahre	Mittelwerte der elastischen Gesamtwiderstände des Windkessels E' in dyn/cm ⁵						
	eigene	Wezler Männer	Knebel Männer+ Frauen	Brehm Frauen menstr.	Klimakt.	Meno- pause	kastr. vor nach Klimakt.
15-20	2630	2595	1800	2760 2180			
21-25	1830		1320	1932			1675
26-30	1605	2595	1400	2030			1586
31-35	1840		1800	1916			2060
36-40	1495	3850	2240	2114			2214
41-45	1950		2400	1678	1843		2366
46-50	1630	4085	2500	1740	1750	1732	2319
51-55	1750		2500		1658	2204	2400
56-60	1990	4085	2500			1917	2160
61-65	2080		2500			2464	1792
66-70	2490	4085	2450			1732	2195
71-75	2400					2690	
76-80	2450						
81-85	3200						

Alter Jahre	Mittelwerte der peripheren Widerstände W in dyn·sec/cm ⁵						
	eigene	Wezler Männer	Knebel Männer+ Frauen	Brehm Frauen menstr.	Klimakt.	Meno- pause	kastr. vor nach Klimakt.
15-20	1580	1430	1450	2350 1839			
21-25	1400		1490	1622			1961
26-30	1340	1650	1590	1630			1691
31-35	1510		1720	1673			1960
36-40	1270	1350	1860	1519			2020
41-45	1460		1930	1390	1515		2031
46-50	1440	2000	1920	1282	1501	1626	1560
51-55	1630		2030		1236	1759	1500
56-60	1510	2130	2140			1286	1023
61-65	1460		2280			1430	
66-70	1890	2300	2380			1194	1110
71-75	1760					1428	
76-80	1700						
81-85	2220						

Alter Jahre	Mittelwerte des Dämpfungsfaktors des arteriellen Systems E'/W					
	eigene	Brehm Frauen menstr.	Klimakt.	Meno- pause	kastr. vor nach Klimakt.	
15-20	1,660	1,17 1,19				
21-25	1,310	1,19			0,854	
26-30	1,200	1,24			0,937	
31-35	1,220	1,14			1,052	
36-40	1,180	1,39			1,097	
41-45	1,335	1,21	1,217		1,165	
46-50	1,130	1,36	1,165	1,067	1,498	
51-55	1,075		1,341	1,254	1,599	1,414 ?
56-60	1,320			1,490	2,108	
61-65	1,430			1,724		
66-70	1,320			1,449		1,970
71-75	1,360			1,885		
76-80	1,440					
81-85	1,440					

Alter Jahre	Mittelwerte der Leistung des linken Ventrikels L in (erg/sec) · 10 ³					
	eigene	Wezler Männer	Brehm Frauen menstr.	Klimakt.	Meno- pause	kastr. vor nach Klimakt.
15-20	11,40		6,58 8,41			
21-25	12,60	11	9,30			6,84
26-30	12,80	10	10,28			9,43
31-35	12,50		10,31			8,66
36-40	14,10	9,7	11,49			10,28
41-45	13,30		11,81	12,59		9,9
46-50	13,90	10,3	17,8	12,69	14,92	13,02
51-55	12,00			15,51	13,07	18,94
56-60	13,50	12			17,29	22,44
61-65	14,00				17,32	
66-70	10,20	13,4			23,04	28,7
71-75	14,50				19,2	
76-80	15,50					
81-85	13,15					

Alter Jahre	Mittelwerte der Schlagvolumina nach Wezler und Böger (bzw. Brömser und Ranke) V _s in cm ³									
	eigene We.Bö.	eigene Brö.Ra.	Wezler Männer We.Bö.	Knebel Männer+ Frauen We.Bö.	Brehm Frauen We.Bö.	menstr. Klimakt. Menopause	kastr. vor Klimakt.	nach Männer ballist.	Klensch+ Kallfelz Männer ballist.	V _s in cm ³
15-20	67,7	71,3	88	86	42,1				77	51
21-25	79,6	88		81	55				71	
26-30	84,5	93		71	62,3		67,8			66
31-35	71,9	81,3	69	63	63,4		65,6			
36-40	88,2	87,8	60	58	63,4		53,9			66
41-45	64,6	76,5		57	62,8		52,6			
46-50	75,7	83,4	57	56	73,2	75,1	56,6			56
51-55	68	82,1		56	85,8	76,4	67,9			
56-60	74	94,8	56	57	90,5	86,8	88,5	93,8		54
61-65	76,8	87,3		59		72	102,4			
66-70	56	88		60		80				
71-75	75,9	105,5		60		119,6				52
76-80	64,8	77,1		60		85,7				
81-85	54	66								

Alter Jahre	12-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	81-85
Blutmenge in cm ³ (22)	5497	6233	5688	6135	5621	5740	5453	5638	5877	5007	5449	6381	4300	6337

Alter Jahre	Mittelwerte der eigene We.Bö.	Brö.Ra.	Wezler Männer We.Bö.	Knebel Männer- Frauen We.Bö.	Brehm Frauen menstr. Klimakt.	We.Bö.	Böger (bzw. Brömser und Ranke)	Klensch+ Kallfelz ballist.	V _m in Liter Bolt ballist.	Hartleb ballist.
15-20	5,1	6,77	5,2	5,2	3,17			5,4	3,3	3,9
21-25	5,68	6,63	5,2	5,19	4,06			4,5		4,58
26-30	5,88	6,23	4,7	4,74	4,76					
31-35	5,45	6,3		4,26	4,71					4,72
36-40	6,32	6,23	4,6	4,04	5,22					
41-45	5,74	6,6		4,00	5,76					3,9
46-50	5,9	5,84	4,6	4,05	7,07	5,47				
51-55	5,15	6,13		4,21		5,51	5,75			
56-60	5,68	7,21	4,7	4,45		6,73	5,17			3,8
61-65	5,88	6,6		4,78			6,96			
66-70	4,42	6,55		5,02			6,61			3,75
71-75	5,46	6,03		5,15			8,34			
76-80	5,72	6,65		5,19			6,95			
81-85	4,61	6,77								

Die Veränderungen des Kreislaufes des Mannes durch die intravenöse
bzw. intramuskuläre Injektion von Peripherin:

Wir haben Peripherin-Homburg injiziert, um auch "Belastungswerte" für den Kreislauf des Mannes zu erhalten.

Peripherin-Homburg besteht aus zwei Komponenten, aus Oxyaethyltheophyllin und Theophyllin-Ephedrin, und zwar wird das in Wasser schwerlösliche Theophyllin einmal durch den Löslichkeitsverbessernden Oxyaethyl-Substituenten im anderen Fall durch die Lösungsvermittelnde Substanz Ephedrin in Wasser gut löslich. (13).

Gleichzeitig entsteht durch die geeignete quantitative Kombination von Theophyllin und Ephedrin, wie sie im Peripherin-Homburg vorliegt, die besondere Wirkungsweise des Peripherins: Ephedrin allein erhöht den Blutdruck zwar beträchtlich durch die Erhöhung der peripheren Strömungswiderstände, aber gleichzeitig wird der Rückstrom des Blutes zum Herzen vermindert und das Minutenvolumen gesenkt. Theophyllin, das vasodilatierend wirkt, gleicht diese zu starke Erhöhung der peripheren Strömungswiderstände aus und führt in Kombination mit Ephedrin zu einer mäßigen Erhöhung des Blutdrucks und zu einer anhaltenden beträchtlichen Steigerung des Schlag- bzw. Minutenvolumens. Dadurch wird die periphere Durchblutung und damit die Sauerstoffversorgung der Organe erheblich verbessert. (1,13).

Wir haben Peripherin in einer mittleren Konzentration von $0,35 \text{ cm}^3$ intravenös injiziert bzw. intramuskulär in einer Konzentration von 1 cm^3 . (Siehe auch Tab.5). Die Kreislaufregistrierung ist etwa 5 Minuten nach der intravenösen Injektion durchgeführt worden bzw. etwa 20 Minuten nach der intramuskulären Injektion.

Die Pulswellengeschwindigkeit in der Aorta, die Schwingungszeit des Windkessels und die Dauer der mechanischen Systole, der Diastole und der Pulsperiode sind nur wenig verändert worden. (Siehe Abb.27, 28,29 und Tab.4).

Die Frequenz Fr:

Sie nimmt nach der intravenösen Peripherininjektion nur geringfügig zu, am meisten im hohen Alter über 70 Jahre, da in diesen hohen Altersgruppen eine Minutenvolumensteigerung fast nur noch durch eine

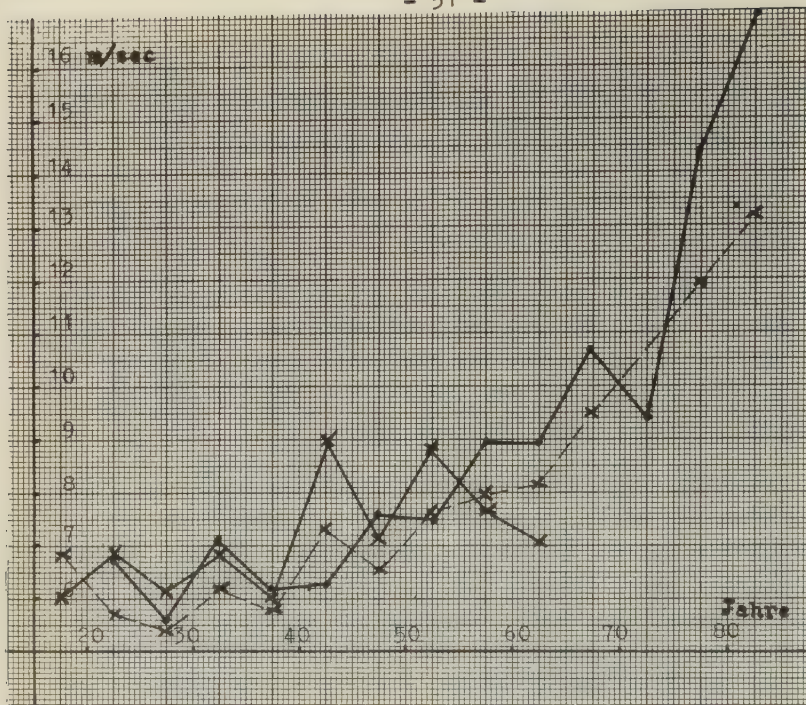
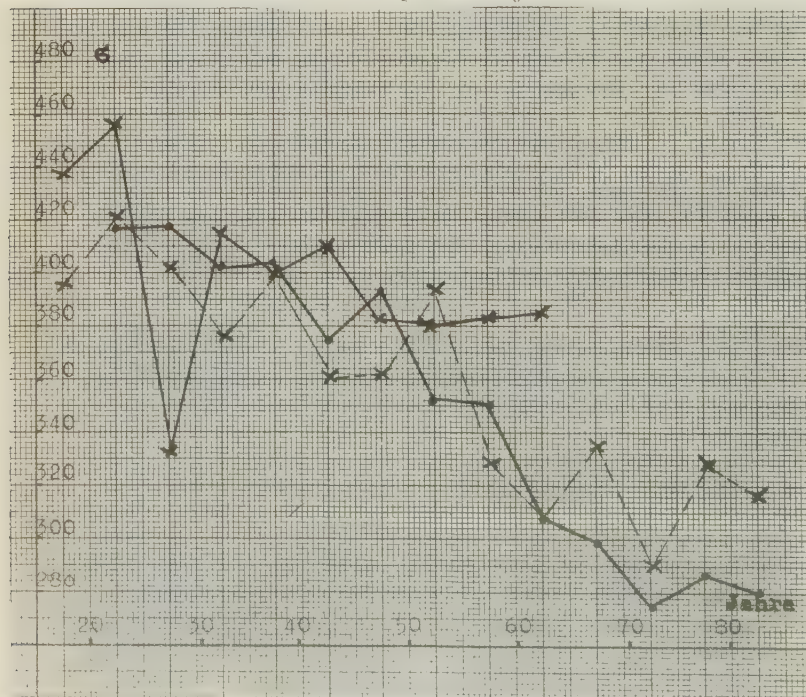


Abb. 27 Mittelwerte der Pulswellengeschwindigkeit in der Aorta ^aAo nach Peripherinjection.



Mittelwerte der Schwingungsdauer des Windkessels T_{0m} in s nach Peripherinjection.

Zeichenerklärung zu Abb. 27 bis Abb. 34:
 --- x --- = Ruhewerte; s. Tab. 3.
 --- o --- = Werte nach intravenöser Inf. von Peripherin, s. Tab. 4.
 --- x --- = Werte nach intramuskulärer Inf. von Peripherin, s. Tab. 4.

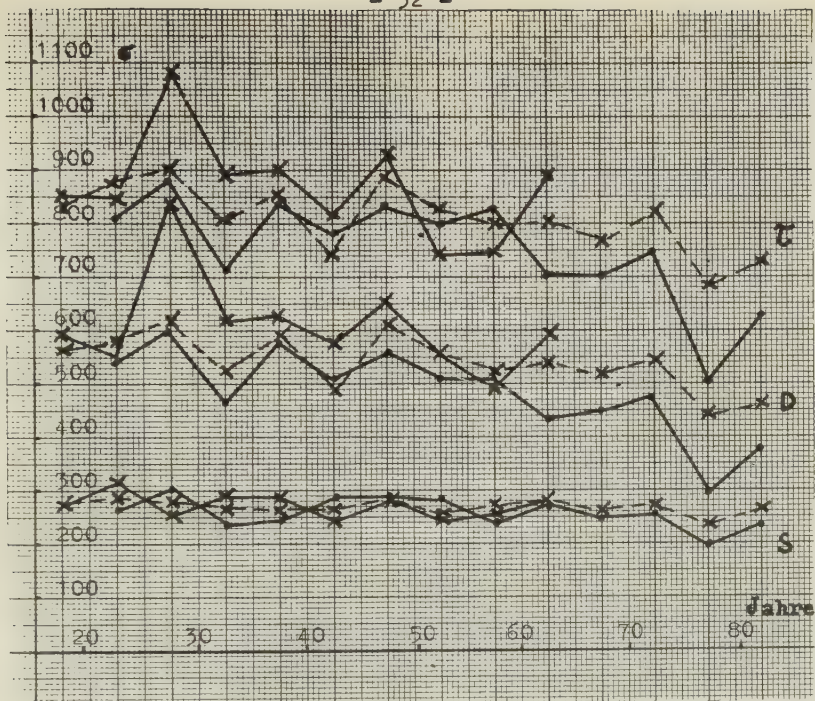


Abb. 20 Mittelwerte der mechanischen Systole S, der Diastole D und der Pulsperiode τ in s nach Peripherinjektion.

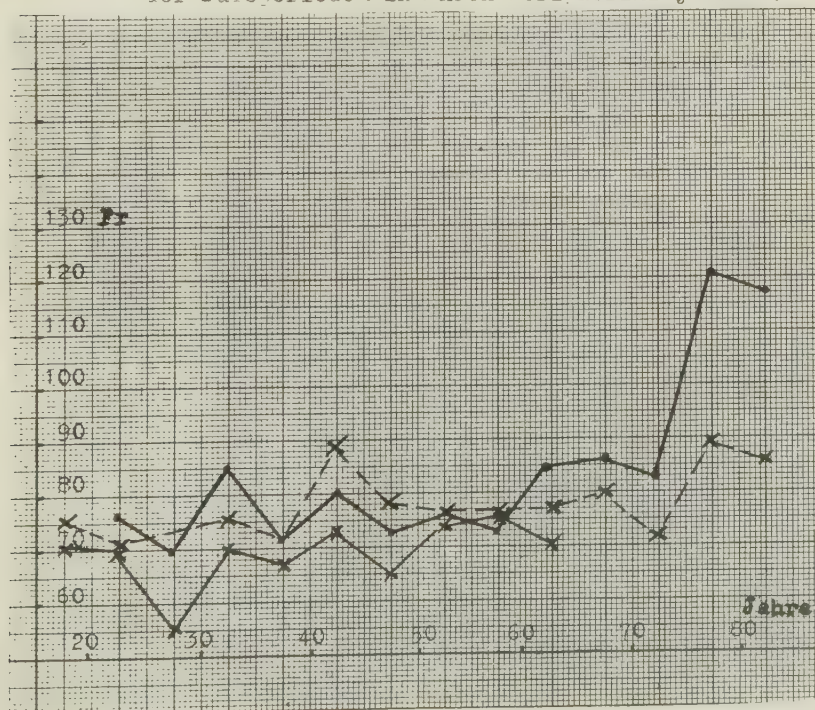


Abb. 30 Mittelwerte der Pulsschläge pro Minute nach Peripherinjektion.

Frequenzzunahme zustande kommt. (23). Unsere Versuchspersonen haben die Frage, ob das "Herz stärker klopft" nach der Peripherininjektion, zwar in den allermeisten Fällen bejaht. Aber dieses "Herzklopfen" wurde bei den von uns angewandten niedrigen Konzentrationen des Peripherins nicht als unangenehm empfunden. (13,17). (Siehe Abb.30 und Tab.4). Bezüglich der Ruhewerte der einzelnen Kreislaufgrößen verweisen wir auf Tab.3.

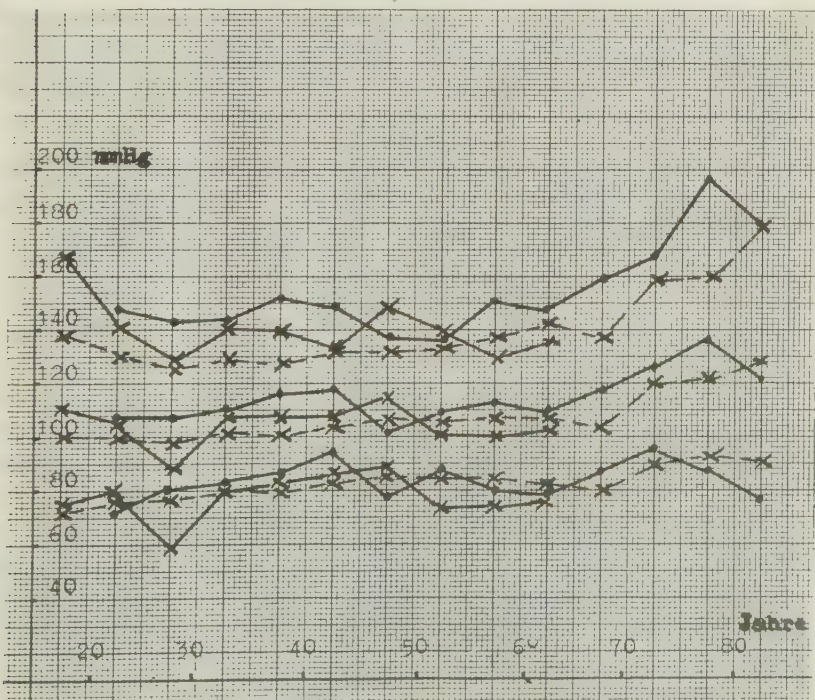
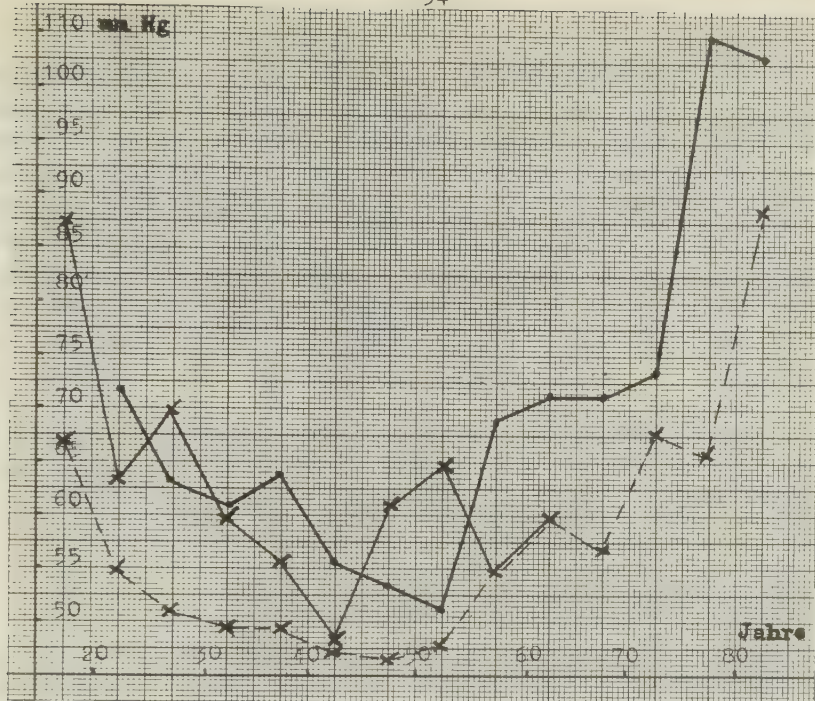
Für die intramuskuläre Injektion von Peripherin, die wir nur bis zum Alter von 63 Jahren durchgeführt haben, ergibt sich eine Senkung der Frequenz unter die Frequenzruhwerte. (Siehe Abb.30 und Tab.4). Wie R. Knebel (17) dazu schreibt, hat Peripherin bei intravenöser bzw. intramuskulärer Injektion eine verschiedene Wirkungsweise. Er vermutet, daß diese verschiedene Kreislaufwirkung des Peripherins auf "veränderten Resorptionsverhältnissen" beruht. Bei intravenöser Injektion kommen die beiden Bestandteile des Peripherins, Theophyllin und Ephedrin, zur gleichzeitigen Wirkung, bei intramuskulärer Injektion scheint zunächst Ephedrin allein zur Resorption zu gelangen. (17).

Die Blutdruckamplitude Δp :

Sie zeigt in allen Altersgruppen sowohl bei intravenöser wie auch bei intramuskulärer Peripherininjektion eine erhebliche Zunahme als Ausdruck der Schlagvolumenvergrößerung. (Siehe Abb.31 und Tab.4). Nach R. Knebel (17) ist die Zunahme der Druckamplitude jedoch zum Teil auch durch die Steigerung des elastischen Widerstandes des Windkessels nach der Peripherininjektion bedingt, was wir nur zum Teil bestätigen konnten, und zwar für die über 55-jährigen Versuchspersonen. (Siehe später).

Der systolische und diastolische Blutdruck, P_s und P_d , und der arterielle Mitteldruck P_m :

Wir haben nach der intravenösen bzw. intramuskulären Peripherininjektion eine mäßige Steigerung des systolischen Blutdrucks in allen Altersgruppen festgestellt, der diastolische Druck ist fast gleich geblieben (bei der intramuskulären Injektion sogar etwas abgesunken gegenüber den Ruhewerten), und der arterielle Mitteldruck ist dementsprechend nur wenig angestiegen. (Siehe Abb. 32 und Tab.4). Der



arterielle Blutdruck wird also in einem solchen Ausmaß gesteigert, daß einerseits die periphere Durchblutung vergrößert wird, andererseits der linke Ventrikel aber nicht überlastet wird. (13). Bei Anwendung von Derivaten der Adrenalinreihe in üblicher Dosierung kommt es nach Wezler (13) zu einer viel stärkeren Blutdrucksteigerung als nach der Peripherinanwendung. Aber da diese Blutdrucksteigerung hauptsächlich durch Erhöhung der peripheren Widerstände zustande kommt, und nicht durch Minutenvolumensteigerung wie bei Peripherinanwendung, reicht die periphere Durchblutung trotzdem nicht aus.

Bei hypotonen Ausgangswerten des Blutdrucks soll eine etwa 20 %ige Steigerung des Blutdrucks nach Peripherininjektion eintreten, bei hypertonen Ausgangswerten sollen diese nicht weiter erhöht werden. (13).

Der elastische Widerstand des Windkessels E':

Der elastische Widerstand des Windkessels wird durch die intravenöse Peripherininjektion nur in den höheren Altersklassen mäßig erhöht, was auch den Angaben in der Literatur entspricht. (13,17). (Siehe Abb.33 und Tab.4). Das Herz wird dadurch nicht übermäßig belastet, es wird aber andererseits der Strömungsantrieb durch die Gefäßwände des Windkessels gesteigert, was sich in einer besseren peripheren Durchblutung auswirkt.

Dagegen scheint der elastische Widerstand des Windkessels durch die intramuskuläre Peripherininjektion gerade in den höheren Altersklassen von 53 bis 63 Jahren erniedrigt zu werden gegenüber den Ruhewerten. (17). (Siehe Abb.33 und Tab.4).

Der periphere Widerstand W:

Er wird durch die intravenöse Injektion von Peripherin beträchtlich gesenkt. (Siehe Abb.34 und Tab.4). Das führt ebenfalls bei gleichzeitiger Zunahme des arteriellen Druckes und des Minutenvolumens zu einer Steigerung der Blutversorgung in der Peripherie. In der Literatur (13) wird zum Teil eine mäßige Erhöhung des peripheren Widerstandes "im Sinne einer optimalen Tonisierung der Gefäßperipherie" beschrieben. Knebel (17) gibt aber ebenfalls eine Abnahme des peripheren Widerstandes nach intravenöser Injektion von 1 cm^3 Peripherin von -42 % im Maximum an.

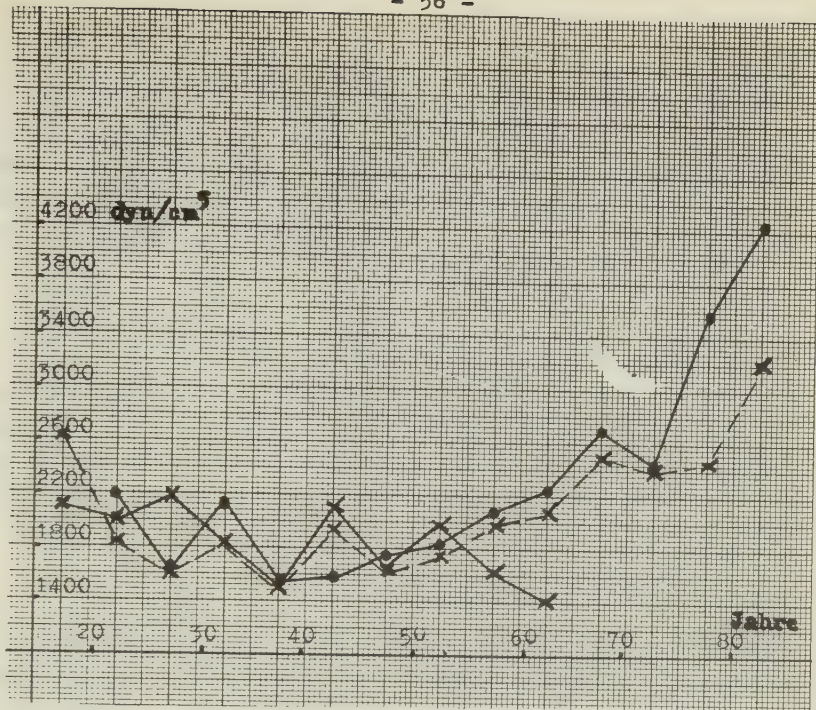


Abb. 33 Mittelwerte des elast. Widerstandes des Windkessels E' in dyn/cm^2 nach Peripherinjektion.

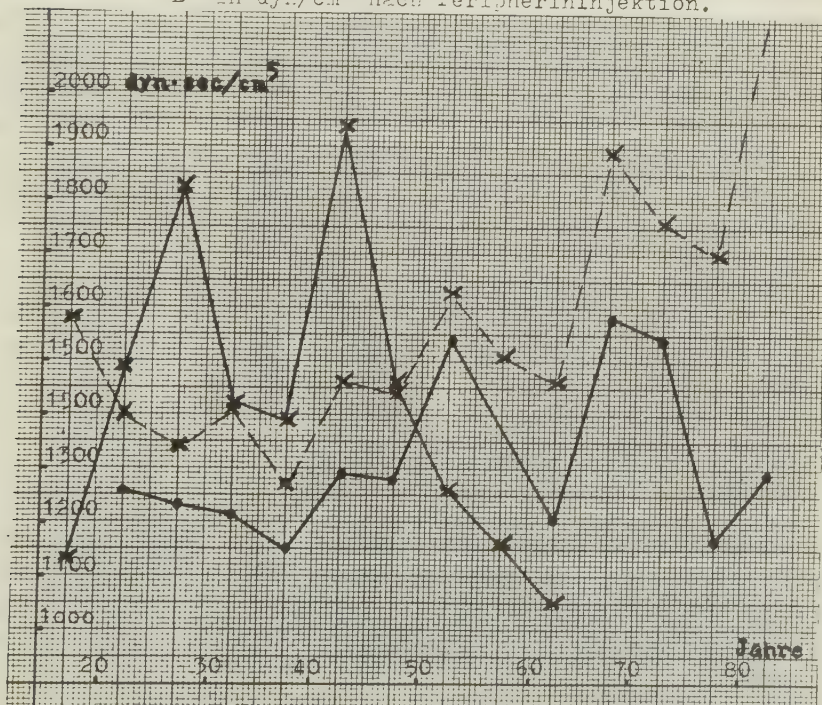


Abb. 34 Mittelwerte des peripheren Widerstandes W in $\text{dyn} \cdot \text{sec/cm}^2$ nach Peripherinjektion.

Dagegen ergibt sich nach intramuskulärer Injektion von Peripherin eine Steigerung des peripheren Widerstandes bis etwa zum 50. Lebensjahr und danach ebenfalls eine Senkung unter die Ruhewerte. (Siehe Abb.34 und Tab.4). Nach Knebel (17) ist bei intramuskulärer Injektion von Peripherin das zuerst resorbierte Ephedrin für die Steigerung des peripheren Widerstandes verantwortlich.

Der Dämpfungsfaktor des arteriellen Systems E'/W :

Er ist durch die intravenöse Peripherininjektion erhöht als Ausdruck dafür, daß der periphere Widerstand abgesunken ist und der elastische Widerstand des Windkessels etwas angestiegen ist. (Siehe Abb.35 und Tab.4). Durch die intramuskuläre Peripherininjektion ist der Dämpfungsfaktor nur wenig verändert.

Die Leistung des linken Ventrikels L :

Die Leistungssteigerung des linken Ventrikels ist nach unseren Befunden in den verschiedenen Altersstufen verschieden. So wird durch die intravenöse Peripherininjektion die Herzleistung in jüngeren Jahren und im hohen Alter mehr gesteigert als im mittleren Lebensalter zwischen 45 und 60 Jahren. (Siehe Abb.36 und Tab.4). Durch die intramuskuläre Peripherininjektion wird die Leistung erst nach dem 45. Lebensjahr beträchtlich gesteigert. In der Literatur haben wir hierüber keine Angaben gefunden, da zunächst mehr die Wirkung einer Peripherininjektion auf den Kreislauf über mehrere Stunden hin interessiert hat als die Wirkung von Peripherin auf den Kreislauf von Versuchspersonen verschiedenen Alters.

Die Leistungssteigerung, die durch die Blutdruckerhöhung und den erhöhten venösen Rückstrom des Blutes im Herzen bedingt ist, wird begünstigt durch eine verbesserte Coronardurchblutung infolge des Theophyllingehaltes des Peripherins. (13).

Das Schlag- und Minutenvolumen V_s und V_m :

Auch hier finden wir nach der intravenösen Peripherininjektion in jüngeren Jahren und im höheren Alter eine größere Zunahme des Schlag- bzw. Minutenvolumens als im mittleren Lebensalter und nach der intramuskulären Peripherininjektion erst nach dem 45. Lebensjahr eine beträchtliche Zunahme von Schlag- und Minutenvolumen. (Siehe Abb.37 und 38 und Tab.4).

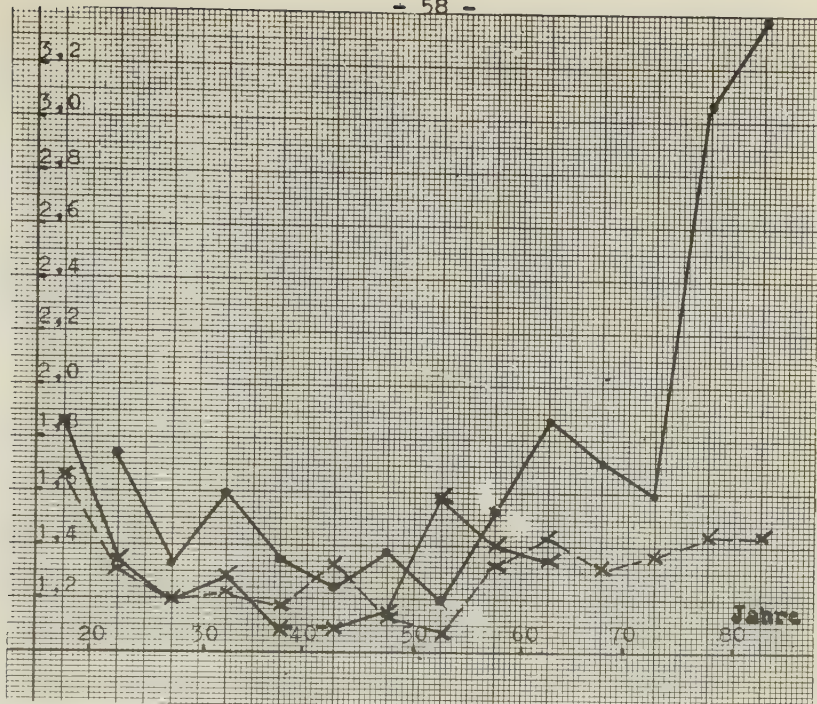


Abb. 35 Mittelwerte des Dämpfungsfaktors des arteriellen Systems E'/W nach Peripherinjection.

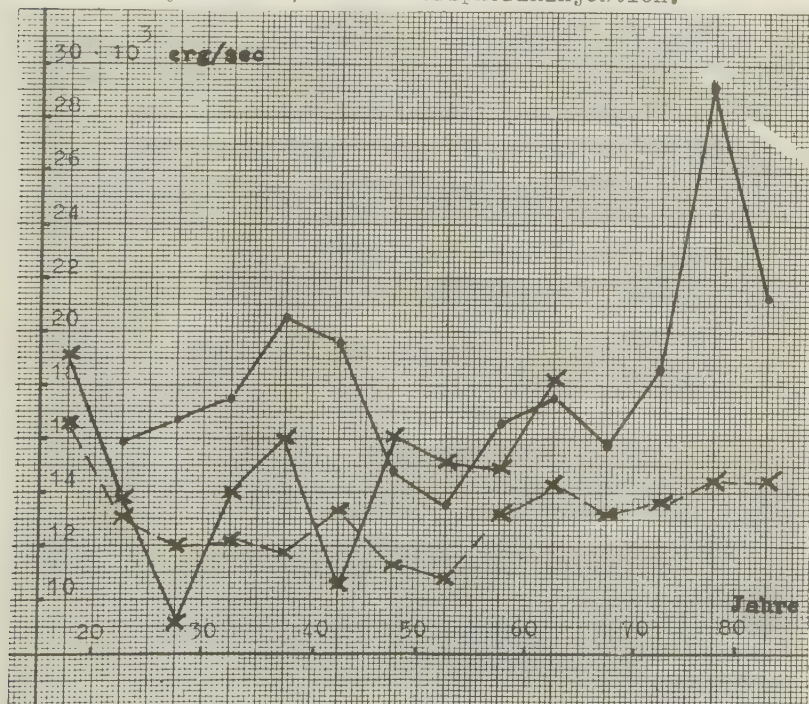


Abb. 36 Mittelwerte der Leistung des linken Ventrikels L in erg/sec nach Peripherinjection.

In der Literatur (13,17) wird eine 50 %ige Steigerung des Schlag- bzw. Minutenvolumens nach intravenöser Injektion von 1 cm^3 Peripherin angegeben. Unsere Zunahme des Schlag- bzw. Minutenvolumens ist nicht so groß, aber es hat sich gezeigt, daß bereits mit einer so geringen Konzentration von $0,35 \text{ cm}^3$ Peripherin eine erhebliche Vergrößerung des Schlag- und Minutenvolumens erreicht wird. (Siehe auch Tab.5). Durch diese Zunahme des Schlag- und Minutenvolumens wird die Blut- und Sauerstoffversorgung der Organe beträchtlich verstärkt. (13,17).

In der Literatur finden wir noch die Angabe, daß subjektiv nach der Peripherininjektion ein "Gefühl angenehmer Durchwärmung" auftritt bedingt durch die allgemeine Durchblutungssteigerung und durch die "zentral-nervöse und die Atmung erregende Wirkung". (13). Wir konnten bei unseren Versuchspersonen ebenfalls eine Vertiefung der Atmung nach der Peripherininjektion beobachten. Bei einigen Versuchspersonen kam die Diurese in Gang als Effekt des vasodilatierend und diuretisch wirkenden Theophyllins.

Auf Grund der Erhöhung der peripheren Durchblutungsgröße bei gleichzeitig mäßiger Belastung des Herzens, was wir durch unsere Versuche für alle Altersgruppen und mit sehr geringer Peripherinkonzentration bestätigt haben, findet Peripherin-Homburg in der Klinik sehr reiche Anwendung z.B.: Bei orthostatischen Kreislaufregulationsstörungen, bei primär arterieller Hypotonie, bei Kreislaufschwäche, bei Kollapszuständen, bei wetterabhängigen Befindensstörungen wie Asthma bronchiale und Migräne und schließlich prophylaktisch vor chirurgischen Eingriffen und während Operationen.

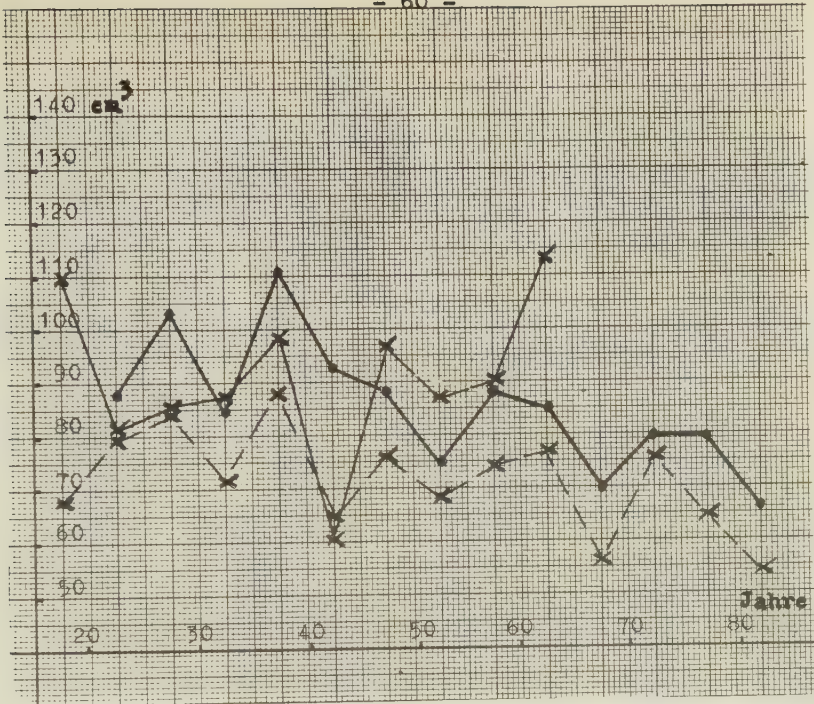


Abb. 37 Mittelwerte des Schlagvolumens V_s nach Wezler u. Böger in cm^3 nach Peripherininjektion.

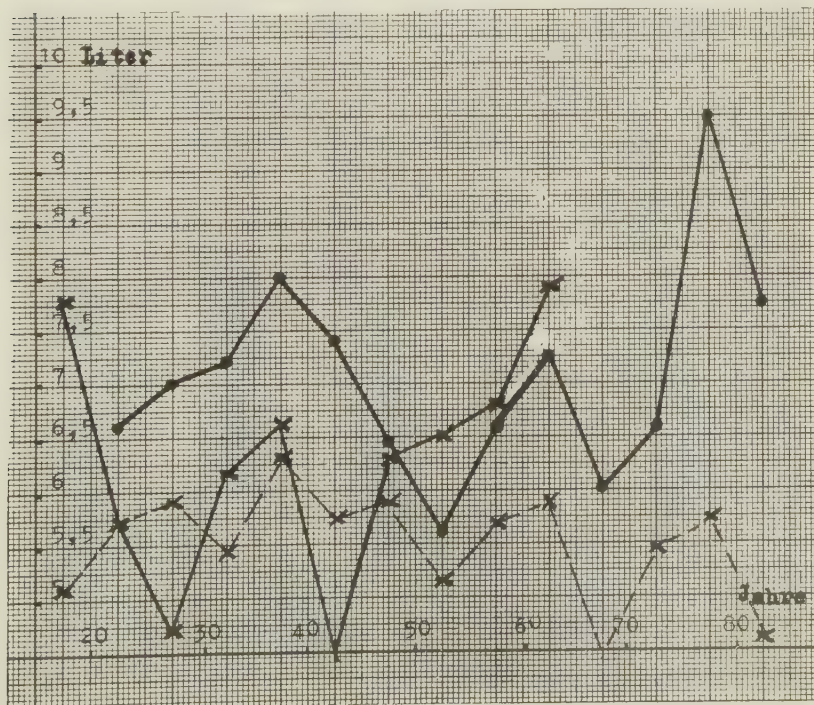


Abb. 38 Mittelwerte des Minutenvolumens V_m nach Wezler u. Böger in L nach Peripherininjektion.

Tab.4

In der folgenden Tabelle beziehen sich die i.v.-Werte auf eine intravenöse Injektion von Peripherin in einer mittleren Konzentration von $0,35 \text{ cm}^3$ und die i.m.-Werte auf eine intramuskuläre Pheripherin-injektion von 1 cm^3 . (Ruhewerte siehe Tab.3).

Alter (Jahre)	Mittelwerte der Pulswellen- geschwindigkeiten a_{Ao} in m/sec		Mittelwerte der Windkessel- schwingungsdauer T_{Fem} in s	
	i.v.-Werte	i.m.-Werte	i.v.-Werte	i.m.-Werte
15-20		6,03		437
21-25	6,82	6,81	416	457
26-30	5,33	6,06	418	332
31-35	7,00	6,84	401	415
36-40	6,00	5,9	404	400
41-45	6,21	9,06	374	410
46-50	7,49	7,04	393	382
51-55	7,51	8,77	352	380
56-60	8,92	7,54	350	383
61-65	8,8	6,99	307	385
66-70	10,68		299	
71-75	9,26		275	
76-80	14,4		287	
81-85	17,06		280	

Alter (Jahre)	Mittelwerte der Dauer der					
	mechan.Systole S		Diastole D		Pulsperiode τ	
	S in s		D in s		in s	
	i.v.-Werte	i.m.-Werte	i.v.-Werte	i.m.-Werte	i.v.-Werte	i.m.-Werte
15-20		264			595	860
21-25	267	305	544		551	856
26-30	289	255	605		840	1095
31-35	238	281	466		615	898
36-40	264	280	579		630	910
41-45	275	241	503		580	825
46-50	278	275	559		660	934
51-55	278	245	505		560	752
56-60	260	258	515		500	756
61-65	276	270	433		594	899
66-70	266		450			705
71-75	271		480			754
76-80	206		294			500
81-85	247		385			629

Alter (Jahre)	Mittelwerte der Pulsschläge pro Minute		Mittelwerte der Blutdruck- amplituden	
	Fr		Δp in mm Hg	
	i.v.-Werte	i.m.-Werte	i.v.-Werte	i.m.-Werte
15-20		71		87,5
21-25	76,2	70,1	72	61
26-30	68	55	63	70
31-35	85,9	70,6	61	59,9
36-40	72	67,2	64	56
41-45	79,6	73	55,5	48
46-50	73	65	53,5	61
51-55	75,5	75	51,5	65
56-60	74,0	75,5	69	54,9
61-65	85,3	70	71,5	59,8
66-70	86		71,1	
71-75	82,5		73,5	
76-80	120		106	
81-85	117		103,5	

Alter (Jahre)	Mittelwerte der					
	syst. Blutdrucke		diast. Blutdrucke		art. Mitteldrucke	
	P_s in mm Hg		P_d in mm Hg		P_m in mm Hg	
	i.v.-W.	i.m.-W.	i.v.-W.	i.m.-W.	i.v.-W.	i.m.-W.
15-20		168		73,5		110
21-25	148	141	75,7	80	106,5	106,2
26-30	143,9	128	80,2	58	107,5	88
31-35	144	141,5	83,2	81,5	109,6	107
36-40	152	141	87,2	84,5	115	108,4
41-45	151	134,5	95,5	86,7	119	107,5
46-50	130,5	150	78,4	88,8	103,6	115
51-55	136	139	86,5	74	108	102,1
56-60	152	130	82,6	75,1	112,3	98,8
61-65	150	137	78	77,9	109	103,5
66-70	161		88,5		118,5	
71-75	159		96		127	
76-80	198		92,5		138	
81-85	130		76,5		124	

Alter (Jahre)	Mittelwerte der elastischen Gesamtwiderstände des Wind- kessels		Mittelwerte der peripheren Widerstände	
	$E' \text{ in dyn/cm}^5$		$W \text{ in dyn} \cdot \text{sec/cm}^5$	
	i.v.-Werte	i.m.-Werte	i.v.-Werte	i.m.-Werte
15-20		2110		1130
21-25	2190	2000	1260	1490
26-30	1635	2180	1230	1830
31-35	1940	1830	1216	1425
36-40	1540	1520	1150	1390
41-45	1595	2120	1290	1940
46-50	1760	1680	1280	1460
51-55	1840	1990	1540	1260
56-60	2090	1620	1370	1160
61-65	2240	1415	1200	1050
66-70	2710		1580	
71-75	2460		1540	
76-80	3560		1160	
81-85	4250		1290	

Alter (Jahre)	Mittelwerte der Dämpfungs- faktoren des arteriellen Systems		Mittelwerte der Leistung des linken Ventrikels	
	E'/W		$L \text{ in (erg/sec)} \cdot 10^3$	
	i.v.-Werte	i.m.-Werte	i.v.-Werte	i.m.-Werte
15-20		1,865		19,1
21-25	1,740	1,340	15,9	13,8
26-30	1,330	1,190	16,7	9,2
31-35	1,600	1,285	17,5	14,0
36-40	1,340	1,095	20,5	16,0
41-45	1,240	1,095	19,6	10,6
46-50	1,375	1,150	14,8	16,1
51-55	1,195	1,580	13,5	15,1
56-60	1,525	1,400	16,5	14,9
61-65	1,870	1,345	17,6	18,2
66-70	1,715		15,8	
71-75	1,600		18,6	
76-80	3,060		29,2	
81-85	3,290		21,3	

Alter (Jahre)	Mittelwerte der Schlagvolu- mina nach Wezler u. Böger		Mittelwerte der Minutenvolu- mina nach Wezler u. Böger	
	V_s in cm^3		V_m in L	
	i.v.-Werte	i.m.-Werte	i.v.-Werte	i.m.-Werte
15-20		110		7,8
21-25	87,8	81,4	6,7	5,71
26-30	103	85,6	7,0	4,7
31-35	84	87,1	7,2	6,15
36-40	111	98,3	8,0	6,62
41-45	93	60,5	7,4	4,43
46-50	88,2	97,0	6,45	6,3
51-55	74,6	87	5,63	6,51
56-60	88	90	6,59	6,8
61-65	85	113	7,24	7,9
66-70	70		6,01	
71-75	79,8		6,58	
76-80	79,4		9,50	
81-85	66,1		7,72	

Tab.5

Kreislaufgrößen nach i.v.-Injektion von Peripherin*)	Alter (Jahren)	Konzentrationen des Peripherins		
		0,2 cm ³	0,3 cm ³	0,5 cm ³
a _{Ao} in m/sec	15-50 51-85	6,3	6,5 8,83	6,6 11,8
T _{Fem} in G	15-50 51-85	467	414 355	430 330
S in G	15-50 51-85	290	273 263	269 266
D in G	15-50 51-85	620	475 476	530 500
Z in G	15-50 51-85	880	746 740	790 765
Fr	15-50 51-85	70	81 85	77 82
Δp in mm Hg	15-50 51-85	71	63 57	71 86
P _s in mm Hg	15-50 51-85	152	143 148	156 177
P _d in mm Hg	15-50 51-85	79	80 92	84 90
P _m in mm Hg	15-50 51-85	109	107 116	115 127
E' in dyn/cm ⁵	15-50 51-85	1590	1580 2020	1760 2880
W in dyn·sec/cm ⁵	15-50 51-85	1095	1030 1610	1155 1580
E'/W	15-50 51-85	1,48	1,6 1,35	1,58 1,87
L in erg/sec	15-50 51-85	20,1	20,5 17,6	23,7 22
V _s We.Bö. in cm ³	15-50 51-85	127	109,5 81	118 115
V _m We.Bö. in L	15-50 51-85	8,3	8,75 5,4	8,99 8,16

*) Für die intramuskuläre Injektion läßt sich eine solche Abstufung der Konzentrationen nicht errechnen, da wir hier immer nur 1 cm³ Peripherin injiziert haben.

6. Zusammenfassung:

In der vorliegenden Arbeit untersuchen wir an 100 herz-, kreislauf-gesunden Männern aller Altersstufen den Alternsgang des Kreislaufes mit Hilfe der physikalischen Kreislaufanalyse nach Wezler und Böger und seine Veränderung durch die Injektion von Peripherin-Homburg. Wir finden:

- a) Der Alternsgang des Kreislaufes des Mannes wird bestimmt durch die normale mit dem Alter eintretende Physiosklerose der Gefäßwände. Wir haben so mit dem Alter einen Anstieg gefunden bei a_{Ao} , Δp , P_s , P_d , P_m , E' , W und einen Abfall bei T_{Fem} , V_s und V_m .
- b) Es tritt nach Peripherininjektion eine erhebliche Steigerung der peripheren Durchblutung ein, die sich äußert in einer Steigerung von Fr , Δp , P_s , E' , L , V_s , V_m und in einer Senkung von W (was allerdings nur für die i.v.-Injektion zutrifft!).
- c) Es läßt sich ein Geschlechtsunterschied im Alternsgang des Kreislaufes feststellen.

7. Literaturverzeichnis:

1. Ammon, W.: Neue med. Welt 47, 1557 (1950).
2. Anschütz, F.: Verhandl. d. Dtsch. Ges. f. Krslforsch. 24, 231 (1958).
3. Brehm, H.: Habilitationsschrift, Frankfurt a. Main ().
4. Brehm, H., Lerch, K. und Motz, R.: Noch unveröffentlichte Versuche und Diss. Motz, Frankfurt (1955).
5. Brömser, Ph. und Ranke, O.F.: Zschr. Biol. 90, 467 (1930).
6. Buddecke, E.: Verhandl. d. Dtsch. Ges. f. Krslforsch. 24, 143 (1958).
7. Christensen, E.E.: Verhandl. d. Dtsch. Ges. f. Krslforsch. 24, 60 (1958).
8. Enger, H.: Z. f. d. ges. Inn. Med. Jahrg. 8, Nr. 6 (1953).
9. Frank, O.: Zschr. Biol. 41, 1 (1901).
10. Hagen, B. von: Fünftes Freiburger Symposium über die Funktionsdiagnostik des Herzens. Verl.: Springer/ Berlin-Göttingen-Heidelberg 1958, S.1.
11. Hartleb, O.: Verhandl. d. Dtsch. Ges. f. Krslforsch. 24, 220 (1958).
12. Hevelke, G.: Verhandl. d. Dtsch. Ges. f. Krslforsch. 24, 131 (1958).
13. Homburg Chemiewerk: Experiment. u. klin. Erfahrungen mit Peripherin-Homburg. Chemiewerk Homburg A.G. Frankfurt a. Main (o.J.).
14. Kazmeier, F. und Schild, W.: M.M.W. 21, 753 (1956).
15. Kirchhoff, H.W.: Verhandl. d. Dtsch. Ges. f. Krslforsch. 24, 156 (1958).
16. Klensch, H. und Kallfelz, H.C.: Verhandl. d. Dtsch. Ges. f. Krslforsch. 24, 214 (1958).
17. Knebel, R.: Arch. exper. Path. u. Pharmakol. 204, 615 (1947).
18. Knoblauch, H.: Verhandl. d. Dtsch. Ges. f. Krslforsch. 24, 243 (1958).
19. Linzbach, A.J.: Verhandl. d. Dtsch. Ges. f. Krslforsch. 24, 3 (1958).
20. Meyer, W.W.: Verhandl. d. Dtsch. Ges. f. Krslforsch. 24, 15 (1958).
21. Moeller, J. und Heider, O.: Verhandl. d. Dtsch. Ges. f. Krslforsch. 24, 303 (1958).
22. Noack, S.: Noch unveröffentlichte Versuche.
23. Nöcker, J. und Böhlau, V.: Verhandl. d. Dtsch. Ges. f. Krslforsch. 24, 225 (1958).

24. Pabst, H.W. und Auer, R.: Verhandl. d. Dtsch. Ges. f. Krsrforsch. 24, 238 (1958).
25. Pesold, F.A.: Verhandl. d. Dtsch. Ges. f. Krsrforsch. 24, 276 (1958).
26. Reichel, K.: Diss. Frankfurt a. Main (1957).
27. Sammelreferate: Med. Klin. 20 (1956).
28. Schlomka, G.: Verhandl. d. Dtsch. Ges. f. Krsrforsch. 24, 174 (1958).
29. Schmid, A. und Reubi, F.: Cardiologia, Intern. Arch. f. Krsrforsch. 12, Fasc. 1 (1951).
30. Sinn, W.: Akademie d. Wissenschaft. u. d. Literatur /mathemat./ naturwissenschaftl. Klasse 11, 647 (1946).
31. Sinn, W.: Fünftes Freiburger Symposium über die Funktionsdiagnostik des Herzens. Verl.: Springer Berlin-Göttingen-Heidelberg 1958, S. 196.
32. Suter, F.: Naunyn-Schmiedebergs Arch. 39, 289 (1897).
33. Wezler, K.: Zschr. Biol. 98, 438 (1938).
34. Wezler, K. und Böger, A.: Ergebn. d. Physiol. 41, 292 (1939).
35. Wezler, K.: Fünftes Freiburger Symposium über die Funktionsdiagnostik des Herzens. Verl.: Springer Berlin-Göttingen-Heidelberg 1958, S. 165.
36. Wezler, K.: Verhandl. d. Dtsch. Ges. f. Krsrforsch. 24, 74 (1958).
37. Michel, D.: Verhandl. d. Dtsch. Ges. f. Krsrforsch. 24, 104 (1958).
38. Michel, D.: Z. Altersforsch. 11, 10 (1957).
39. Wezler, K.: Z. f. Altersforsch. 3, 199 (1942).

8. Lebenslauf:

Am 10.9.1935 wurde ich in Darmstadt als Tochter des Landgerichtsrates Eberhard Ehrhardt und seiner Ehefrau Barbara geb. Eppler geboren. Mein Vater verstarb sehr früh am 25.5.1936.

Von 1942 bis 1944 besuchte ich die Grundschule in Darmstadt. Nach einer etwa eineinhalbjährigen Unterbrechung bedingt durch die Kriegsverhältnisse blieb ich bis 1948 in der Grundschule und trat dann in die Eleonorenschule, Realgymnasium für Mädchen, in Darmstadt ein. Meine Reifeprüfung legte ich im Frühjahr 1956 an der Ursulinenschule, Realgymnasium für Mädchen, in Darmstadt ab.

Im Sommersemester 1956 begann ich mein Medizinstudium an der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main und legte hier im Juli 1959 meine ärztliche Vorprüfung ab. Hier gedenke ich auch mein Studium zu beenden.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. med. A.W. Schwenzer danken, daß ich an der von ihm komm. geleiteten Klinik arbeiten durfte. Für die Überlassung des Themas, für das Verständnis und die bereitwillige Hilfe, mit der er meine Arbeit unterstützte, möchte ich Herrn Doz. Dr. med. H. Brehm danken.

Meine akademischen Lehrer waren:

Prof. Dr. med. Starck (Anatomie).
Prof. Dr. med. Ortmann (Anatomie).
Prof. Dr. med. Wezler (Physiologie).
Prof. Dr. med. Felix (Physiologische Chemie).
Prof. Dr. med. Rotter (Pathologie).
Prof. Dr. med. Kahlau (Pathologie).
Prof. Dr. med. Zimmermann (Pathologie).
Prof. Dr. med. Herzberg (Hygiene).
Prof. Dr. med. Holtz (Pharmakologie).
Priv. Doz. Dr. med. Westermann (Pharmakologie).
Prof. Dr. med. Hoff (Innere Medizin).
Prof. Dr. med. Frey (Innere Medizin).
Prof. Dr. med. Martin (Innere Medizin).
Prof. Dr. med. Altmann (Innere Medizin).
Prof. Dr. med. Schwenzer (Geburtshilfe und Gynäkologie).
Priv. Doz. Dr. med. Brehm (Geburtshilfe und Gynäkologie).
Prof. Dr. med. Heller (Geburtshilfe und Gynäkologie).
Prof. Dr. med. Geißendörfer (Chirurgie).
Prof. Dr. med. Ungeheuer (Chirurgie).
Priv. Doz. Dr. med. Weber (Chirurgie).
Prof. Dr. med. Güntz (Orthopädie).
Prof. Dr. med. de Rudder (Kinderheilkunde).
Prof. Dr. med. Weiße (Kinderheilkunde).
Prof. Dr. med. Zutt (Psychiatrie und Neurologie).
Prof. Dr. med. Thiel (Augenheilkunde).
Prof. Dr. med. Mittermaier (Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde).
Priv. Doz. Dr. med. Landes (Haut- und Geschlechtskrankheiten).
Prof. Dr. med. Luff (Gerichtliche Medizin).
Prof. Dr. med. Grüner (Gerichtliche Medizin).
Prof. Dr. med., Dr. med. dent., Dr. phil. Artelt (Geschichte der
Medizin).

Prof. Dr. med. Strnad (Röntgenkunde).
Prof. Dr. med. Amelung (Naturheilkunde).
Prof. Dr. med. dent. v. Reckow (Zahnheilkunde).

Ehrenwörtliche Erklärung:

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die der Medizinischen Fakultät Frankfurt am Main zur Promotion eingereichte Arbeit mit dem Titel: "Der Alternsgang des Kreislaufes des Mannes" in der Universitäts-frauenklinik, Frankfurt am Main unter der kommissarischen Leitung von Professor Dr. med. Schwenzer mit Unterstützung durch Privatdozent Dr. med. Brehm ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen Medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Bisher ist für die vorliegende Arbeit noch keine Veröffentlichung vorgesehen.

Frankfurt am Main, den 15. Juli 1964

